196339

# 从人造衛星到宇宙飞行

〔苏联〕斯特恩菲尔德著
元　　禾　譯

科学普及出版社
1958年·北京

# 目　次


原序
从神話到宇宙飞行学 ……1
一、宇宙飞行器 ……5
1. 要克服什么……5
2. 火箭——宇宙飞船的原型……10
3. 人造衛星的构造……15
4. 衛星的装配……20
5. 宇宙飞船的构造……22
二、人在宇宙空間中的情况 ……27
1. 高速度对人体无害……27
2. 在重力增大了的世界中……28
3. 无重量情况下的生命……30
4. 人造重力……36
5. 飲食和呼吸問題……38
6. 宇宙飞行中的危險……40
7. 宇宙飞行前的准备……44
三、人造衛星的运行和观测 ……46
1. 人造衛星的运行……46
2. 固定的人造衛星……51
3. 人造衛星的观测……52
4. 从人造衛星上观测天体的运动……63
5. 人造衛星上的晝夜和四季……65
四、人造衛星的利用……68
1. 飞行天文台和飞行实驗室……68
2. 把人造衛星作为星际航行站……78
3. 天然星际航行站問題……82
五、在宇宙飞船上……84
1. 起飞……84
2. 在飞行中……86
3. 降落……87
六、宇宙飞行 ……89
1. 飞往月球……89
2. 飞往火星……92
3. 飞往金星……97
4. 飞往其他天体……101
結束語 ……104

# 原　　序

1957年10月4日，苏联發射了第一个人造衛星，从这时候起，人类就进入了康斯坦丁·埃杜阿尔多維奇·齐奧尔科夫斯基在本世紀初期所天才地預言的星际飞行时代。过了一个月(在11月3日)，苏联又發射了裝有試驗动物的第二个人造衛星。現在的問題，就是要环繞月球和鄰近的行星——火星、金星、水星——飞行，先用远距离控制的自动偵察火箭，然后再用載人的火箭。人們不仅將飞向其他行星和它們的衛星、彗星，而且还將飞入太陽附近的区域，而在更远的未来，还將飞向遙远的恒星去。

头兩个人造地球衛星的發射，是苏联科学技术界在資本主义和社会主义兩个体系的和平竞賽中取得的偉大胜利。这个胜利的取得，是由于苏联科学家、工程师和工人的团結集体的頑强劳动，是由于苏联科学技术在苏維埃政权年代的空前發展。各科学研究所、設計局、試驗机关和工厂集体制造并發射了苏联的第二个人造地球衛星，以此来紀念偉大的十月社会主义革命四十周年。

在苏联，从1924年开始，就出現了一些以研究火箭运动和星际飞行問題及联合一切对这个知識領域有兴趣的人的力量为目的的小組和协会。

为了进一步發展星际飞行学方面的研究，1954年苏联科学院天文学部成立了星际交通联合常設委員会，来协調各科学研究机关的工作，以便于它們研究决定着苏联星际飞行学

进一步發展的各种問題。

在同一年稍微早一些时候，莫斯科奇卡洛夫中央航空俱乐部建立了星际飞行学組。莫斯科、基輔、哈尔科夫和其他城市的各高等学校也組織了星际飞行学小組，对宇宙飞行的一些問題进行研究。

在不久以前，星际飞行問題还是單从純理論观点来研究的。而現在，既然昨天的理想已經变成了現实，既然已經有人造的天体在环繞地球旋轉，許多問題就得重新衡量了。

这本書基本上是根据著者从前發表过的各种材料編写而成，它的主要篇幅是用来研討跟人造衛星有关的各种問題的。人造衛星的發射是人类进入星际空間的第一步。利用人造衛星来研究地球和它周圍的空間，是規模空前的科学事業——国际地球物理年(1957年7月——1958年12月)的工作計划中的一个組成部分。世界各国的人民都参加人造月亮的观测工作，他們的代表現在每年都要在国际星际飞行会議上会面。国际星际飞行联合会已經把二十多个国家的星际飞行协会联合起来，而且它的会員的数目还經常增加。今后人民能把多大的力量放在建設性劳动上而不是放在战爭上，以便使宇宙飞行事業一日千里，这就完全看人民自己的决定了。

著　者　　1957年11月，

于莫斯科

# 从神話到宇宙飞行学

千百年来，飞上别的天体这件事一直是一个不能实現的夢想。在不同的时代里，产生了种种关于飞入宇宙空間和关于别个世界的居民来訪問地球的神話。

古希臘神話里有許多这类題材的故事。一个很多人都知道的古希臘神話，說起德达尔和伊卡尔兩人被俘后，用蠟把羽毛粘成翅膀，从克里特島飞了出来。当他們在海上飞着的时候，伊卡尔飞得太靠近太陽，以致粘翅膀的蠟被晒熔，于是他就墜入海中淹死了。

有一个傳說說著名的希臘統帅——馬其頓的亞力山大曾試圖用鷹拖着战車上天去。

一个中国神話說中国人是从月亮上来到地球的❶。印度史詩"拉馬揚納"中的主人公作过一次天空旅行。

随着人类逐漸認識了它周圍的自然界，神話也就逐漸讓位給科学假設了。17世紀出現了最早的关于建立地球和其他天体間的联系的技术構思。可是这些方案，从我們今天的观点来看，是很幼稚的。

英国科学家威尔金斯在他的著作"論新世界和其他行星"中曾指出过利用机器进行宇宙飞行的可能性。法国作家西哈諾·德·貝尔日拉克走得更远一些。他在人們还沒有掌握航空技术以前很久，就提出了可以利用火箭进行宇宙飞行的想

❶ 这种說法，大概是嫦娥奔月的誤会。——譯者

法。他甚至描述过最簡單的火箭飞船。

19世紀出現了許多描写星际旅行的幻想小說。儒勒·凡尔納把他的主人公从大炮里送上了月球。

在本世紀初期，英国作家威尔斯和博格丹諾夫所写的一些幻想小說非常受欢迎，而在較晚的年份里就有阿·托尔斯泰和别利亞耶夫的关于其他世界居民的幻想小說。

关于宇宙旅行的長篇小說和中篇小說，不仅文学家写过，而且科学家也写过，比方說齐奧尔科夫斯基就写过。

*　　*　　*

在我們今天已經兴起了一門研究在宇宙空間中飞行的科学——星际飞行学或宇宙飞行学。現代的星际飞行学的根源，可以追溯到許多門科学特别是天文学和火箭技术的遙远的过去。

哥白尼証明，行星不是繞着地球旋轉的，而是像地球本身一样，繞着太陽运行的。

开普勒發現了行星运行的定律。牛頓精确地表述了天体力学——研究天体运动的科学——的基本定律。他也提出了有可能变炮彈为小"月亮"——人造地球衛星——和使物体离开地球表面进入無限空間的想法。

哥白尼的学說、开普勒和牛頓的定律对于星际飞行学具有非常重要的意义，因为宇宙飞船就是一种特殊的天体，它像月亮、地球和其他行星一样，也將服从同样的定律，循着完全确定的路徑运行。

我們現在来談談火箭的历史。

早在远古时代，中国就用火藥火箭❶来做民間节庆时的消遣玩意。到中世紀，火箭就不仅用来消遣，而且也开始用

❶ 就是俗語所說的冲天炮，它的原理跟火箭是一样的。——譯者

齐奥尔科夫斯基(1857——1935)。

作兵器。16世紀末期已經可以見到复式火箭的描述和圖紙，而到17世紀中期已經可以見到最早的裝有空气稳定尾片的火箭的圖样。

俄国是在17世紀初期，由于法院書記奧尼西姆·米哈依洛夫的功劳，才懂得制造火箭的。到1680年，在俄国才建立

了第一家“火箭作坊”。在19世紀中期，它是由革命前俄国火箭事業的最高权威康斯坦丁諾夫領导的，他大大地改进了俄国的軍用火箭。1881年基巴尔奇契做了一个火箭飞行器的設計。

被推为星际飞行学之父的齐奧尔科夫斯基(1857—1935年)制定了关于火箭在星际空間中运行的理論。他第一个画出了使用液体燃料的火箭的簡圖。齐奧尔科夫斯基的学生和他的事業的繼承人是粲捷尔（1887—1933年)、康德拉秋克(1942年去世)等人。

外国在發展星际飞行学上有重大貢献的先驅者有埃斯諾—彼尔特里(法国)、奧别尔特(德国)、戈达尔德(美国)、晋格尔(德国)，星际飞行学普及工作者和活动家有阿納諾夫(法国)、赫利(美国)、施登麦尔(瑞士)、标尔哲斯、克拉尔克(英国)、哈尔特曼(西德)，还有各星际飞行协会(美国、英国、德国等)也做了許多工作。

*　　*　　*

許多人認为，要征服太陽系，就必須在技术上来一次革命。其实不然。人类进入星际空間的理想是随着技术的發展而逐步实現的。

戈达尔德的液体燃料火箭是在1926年發射的。齐洪拉沃夫設計的苏联第一个液体燃料火箭是在1933年發射的。

在本世紀的30年代，單式液体燃料火箭的飞行高度記录是13公里，1952年是217公里，而到1955年已經是288公里了。

更复杂的复式火箭的成績更好一些：1949年达到了約400公里的高度，1953年略少于500公里，而現在已經大大超过1,000公里。当然，跟我們的地球和其他天体之間的距离

比起来，一千多公里还是很小的。月球离我們要远几百倍，而最近的行星要远几万倍。可是火箭技术的成就畢竟是很大的。

在1957年10月和11月，發射了头兩个苏联的人造地球衛星。只要再进一步把軌道火箭❶的速度增加一半，火箭就能摆脫地心吸力的鐐銬而飞到最近的天体——月球、金星、火星——上去了。

# 一、宇宙飞行器

## 1. 要克服什么

請看看我們太陽系的平面圖吧(圖 1)，星际飞船將来就是要在这片天地里飞駛的。

地球是太陽系的九大行星之一。它以巨大的速度循着自己的近乎圓形的軌道在沒有空气的空間里奔駛，环繞着太陽，跟太陽的距离大約是15,000万公里。这个距离在天文学上被用做量度距离的單位，叫做天文單位。

其余的八大行星和許多小行星大致也是在这条軌道的平面上运行。圖 2 表示太陽和各行星大小的比較。

星际❷空間以最远的行星——冥王星，它离太陽大約有60亿公里——的軌道为限。星际飞船將来就要在这个無边無际的空間里，克服或利用强大的太陽引力，避开在空間漫游的流星体和小行星群，开辟自己的道路。

是什么东西妨碍着我們实現在宇宙空間中飞行呢？

---

❶ 軌道火箭——能够产生足够的速度以轉移到圓形或橢圓形軌道上去的火箭，例如能变成人造地球衛星的火箭。

❷ 这里所謂星际，是指行星际，不是指恒星际。——譯者

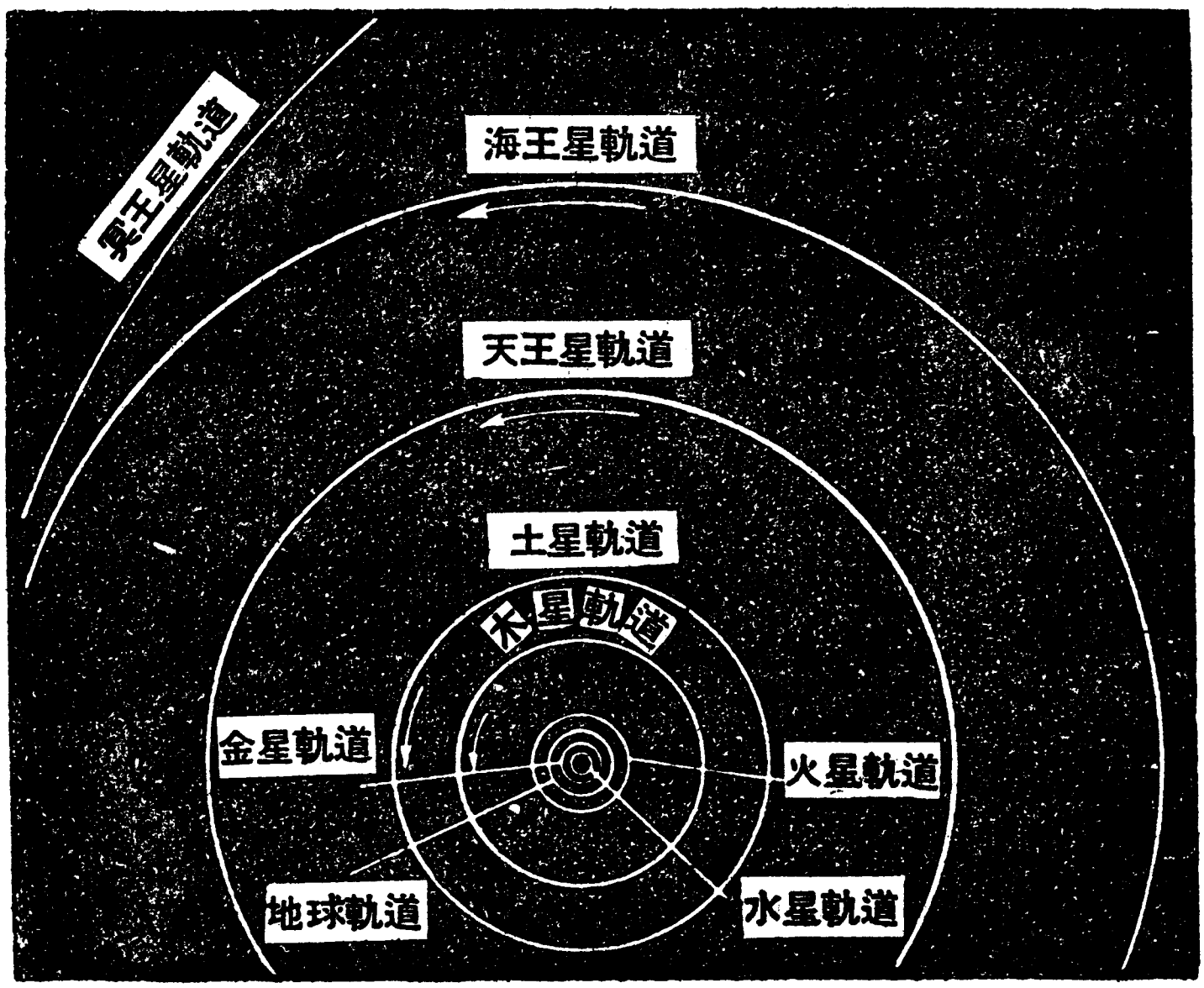


圖 1　太阳系平面圖。

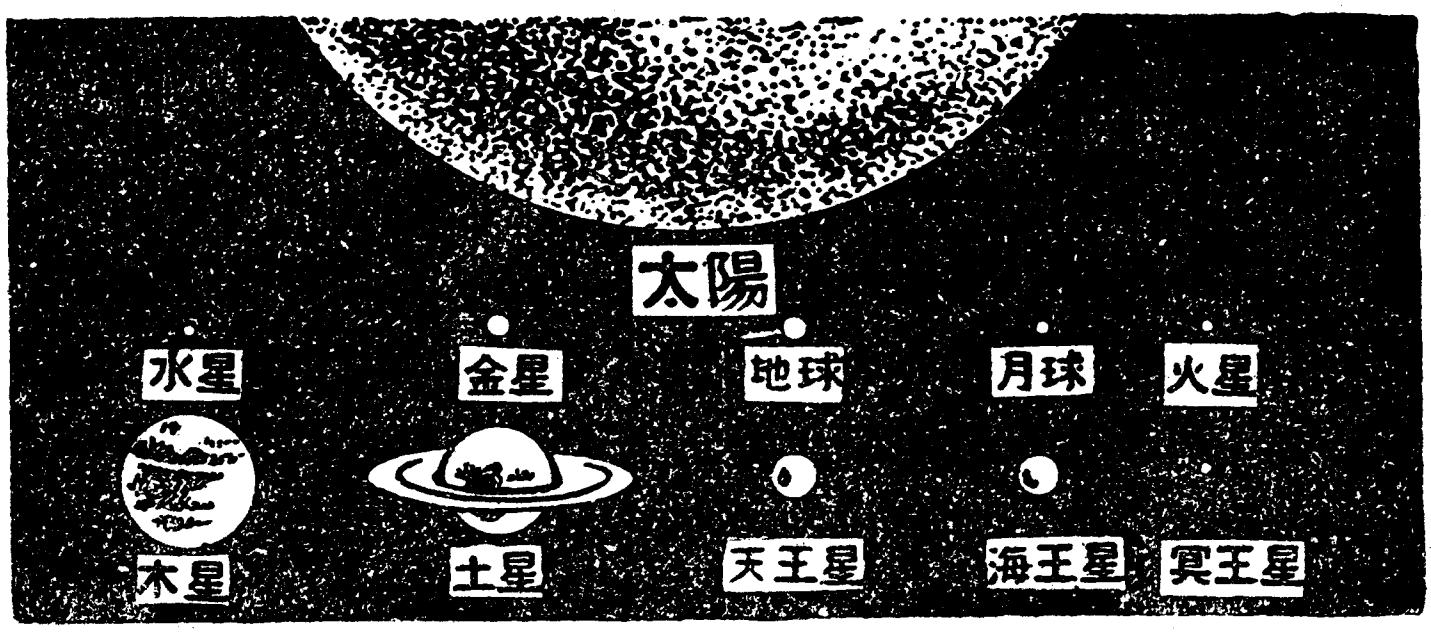


圖 2　太阳和各行星大小的比較。

首先是引力。地球上的一切东西都被吸向地心。但是，不仅地球有引力，任何一个物体——小至細沙，大至巨星

——也都具有我們称之为引力的这种物質特性。我們周圍的一切东西都互相吸引，虽然由于这些吸引力数值太小，我們一点也覚察不出来。至于地球的吸引力，我們倒是經常感覚到的。

假使沒有引力，一切东西就都要离开地球飞到宇宙空間里去，地球就要离开太陽無穷远，而月亮也要离开地球無穷远了。而引力也就使宇宙飞行發生困难。

能不能使火箭脫离地球而不再落回地面上来呢？

这是可能的。我們假設有一座很高的山，山頂上的空气已經不至于妨碍火箭的运动；在山上建立了一个水平發射台（圖 3 ）。火箭以一定的速度从这个發射台上發射出去。于是它就画出一道弯得很厉害的弧綫，落在离山一定距离的地方。我們如果使飞行速度和飞行远度增加一倍，火箭飞行的軌迹就弯得好一些。最后，还可以使火箭具有这样的速度，使它的軌迹的曲率等于地球表面的曲率。在这种情况下，火箭將一圈又一圈地环繞地球飞行，就像月亮一样成为我們地球的衛星，永远也不会落回地面上来了。

物体开始能够环繞地球运行而不落回地面上来所需的最小速度，叫做第一宇宙速度或环繞速度（圓周速度）。

还可以用另一个方式来說明，为什么物体有了环繞速度就不会落回地上。

我們知道，当物体沿着圓周运动的时候，就产生离心力。运动速度越大，离心力也就越大（离心力跟速度的平方成正比）。对于地球表面上沿直路步行的人来說，离心力是 1 毫克。对于跑步的人，这个力就增大几十倍。而对于以每小时2,800公里左右的高速度飞行的飞机来說，离心力就达到飞机重量的百分之一。最后，在以环繞速度飞行时，离心

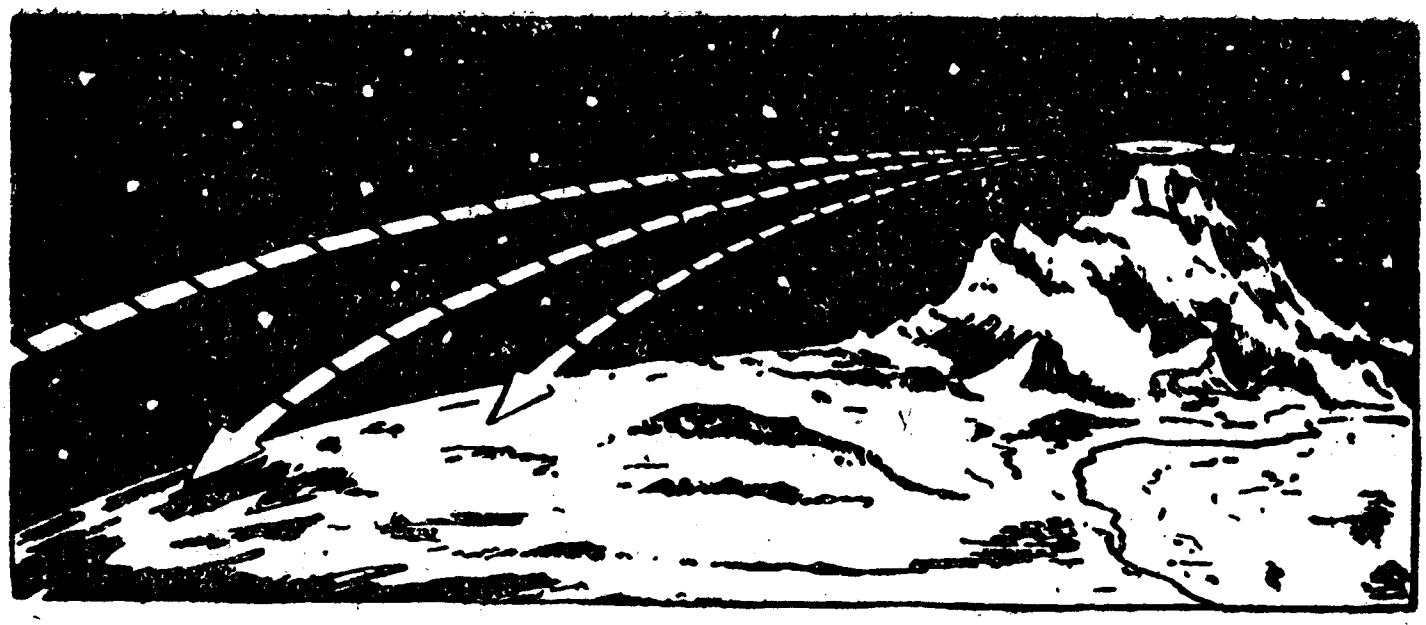

圖 3　隨着速度的加大，火箭的飞行远度就增加，而火箭軌迹的曲率就減小。达到环繞速度(最上一条軌迹)以后，火箭就平行于地球表面飞行，成为地球的衛星。

力就等于地球的引力，于是地球引力对飞行物体的作用就像是消失了似的(这句話当然不应当理解成引力的消失，而是說，引力被反向作用的离心力完全抵消了)。这样，物体將环繞我們的地球飞行，而且，在沒有空气的空間里，它的速度將保持不变。

物体要克服地球的引力而飞到宇宙空間里去，应当具有多大的速度呢？

要回答这个問題，我們应当更深入地談一談引力的作用。

地球的引力也像其他天体的引力一样，是离地心越远就越小的。它減弱得很快，就像物体离光源越远照度就越小一样，是和距离的平方成反比例的(圖 4 )。換句話說，在离地心兩倍远的地方，引力就減至四分之一；在离地心三倍远的地方，引力就減至九分之一，依此类推。

要使物体摆脫行星的引力，就必須作一定的功，这个功跟把物体举到等于行星半徑的高度上所要作的功一样(假定引力不随物体离行星中心的距离而改变)。只要使物体在地

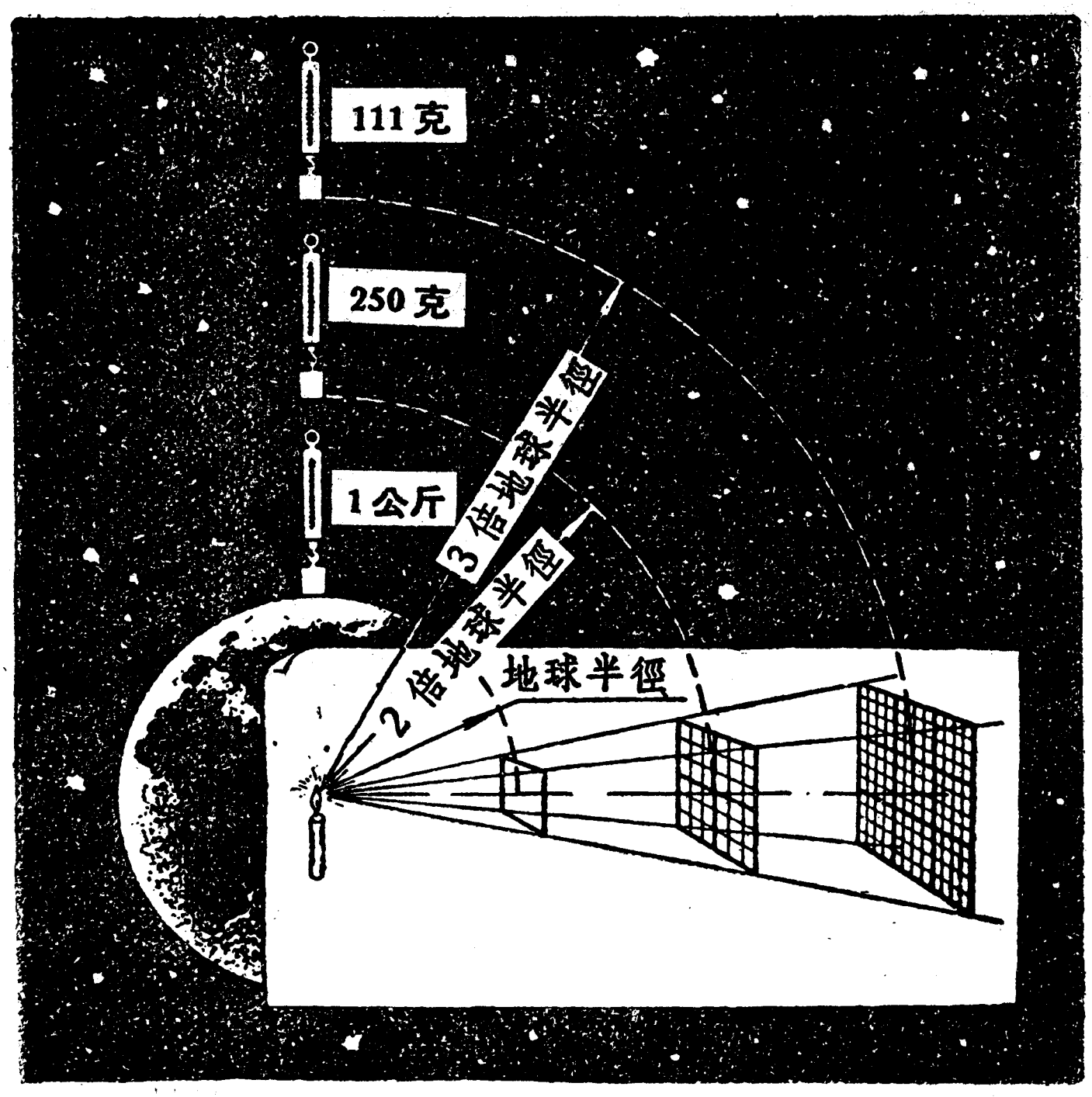


圖 4　地球的引力随着半徑的增加而减小，就像物体离光源越远，照度就越小一样。

球表面附近获得一定的速度，就可以使物体具有这样的能量。物体具有这样的速度后，就会沿着抛物綫而运动(圖 5 )。因此这个速度就叫做抛物綫速度，或第二宇宙速度，往往也叫做"脱离速度"。在地球表面上，这个速度等于每秒11.2公里。

如果物体的速度大于环繞速度但小于抛物綫速度，那末物体就沿着橢圓形軌道运动。而如果速度大于抛物綫速度，那末物体就將沿着断开的曲綫——双曲綫——运动(圖 5 )。

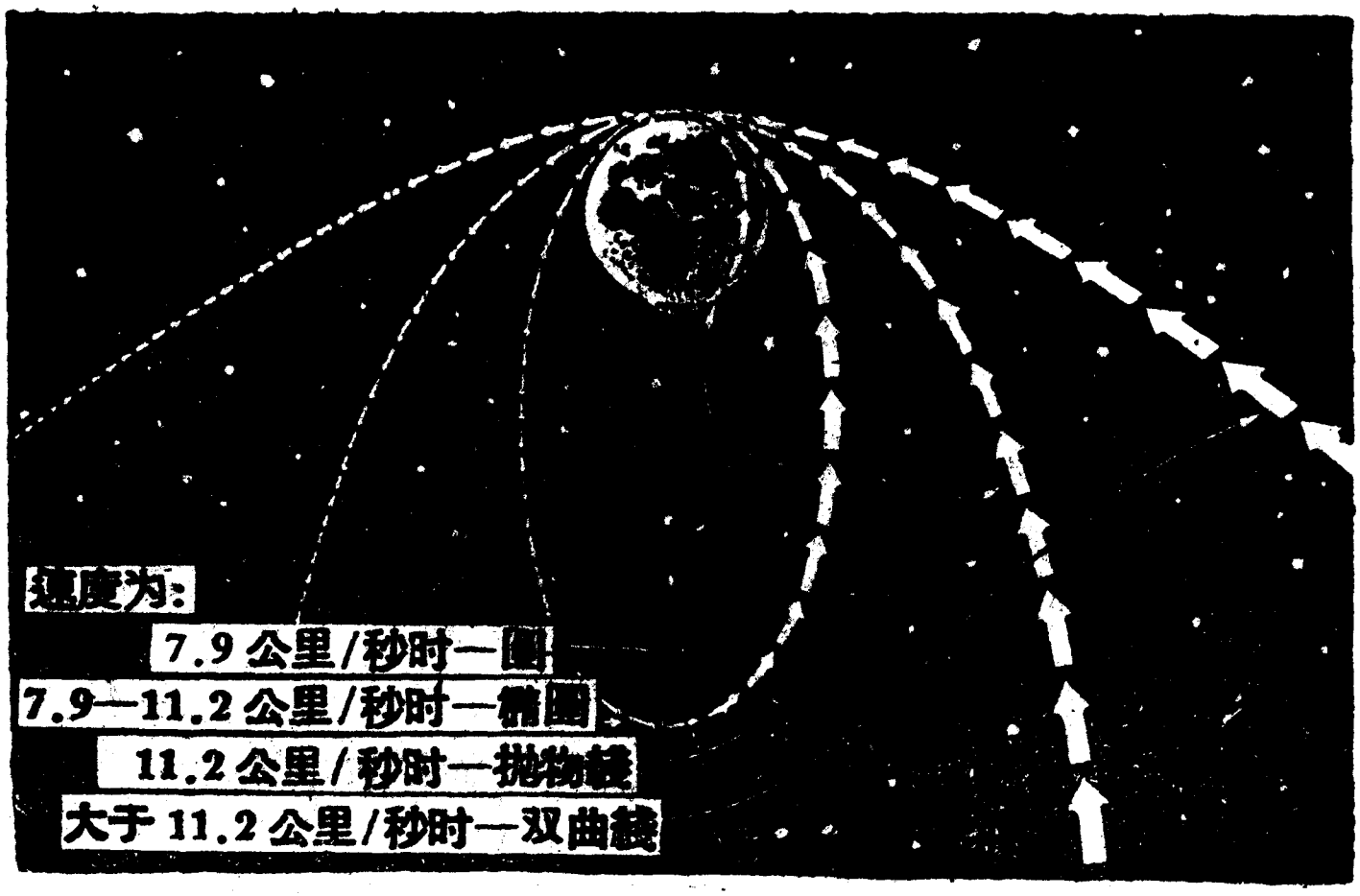


圖5　宇宙飞船的航綫。

为了簡單起見，上面我們假定物体是只受地球引力的作用的。实际上物体还要受太陽引力的作用。計算表明，要使物体同时摆脫地球和太陽的引力，就应当使它具有不小于每秒16.7公里的速度。这就是第三宇宙速度。

随着第一个人造地球衛星的發射，第一道壁壘被攻克了，人們达到了第一宇宙速度。星际飞行学的下一个任务就是要达到第二宇宙速度，然后再达到第三宇宙速度。

## 2. 火箭——宇宙飞船的原型

星际飞船的發动机將是火箭，这一点是目前一致公認的。这样的飞船將能在沒有空气的空間里飞行，因为支承它的是火箭所噴出的气体。火箭的运动对于乘客是沒有危險的，因为火箭跟炮彈不一样，它是逐漸加速的。因此在起飞的时候，体重增加不会太大，不致危害星际飞行家。

使用火箭發动机的飞船在大气圈中飞行时，速度并不太大，这样就不会受到很大的空气阻力，而空气摩擦也不会产生太多的热。

利用火箭發动机可以加速或减慢火箭在沒有空气的空間里的运动，而在需要的时候，还可以改变飞行的方向。

火箭运动的原理究竟是怎样的呢？

我們知道，射击的时候，槍要反撞射手的肩膀。这是因为，火藥燃燒时形成的气体，以同样大的力量一方面压在子彈上，一方面压在槍身上。但因为槍身的重量比子彈的重量大得多，所以槍身的反坐速度就不大。这样現象可以用力学上的一个基本定律——作用力和反作用力相等的定律——来解釋。反作用力所引起的运动，叫做反作用运动。

跟节庆时放的花炮类似的火藥火箭，不适于用来做宇宙飞船的發动机。这是因为，当火藥燃燒时，就产生很高的压力。要承受这样高的压力，火箭就要做得非常坚固，因此也就非常笨重。除此以外，在火箭飞行时火藥的消耗量沒法控制，就像蠟燭的火焰沒法控制一样。在需要的时候，也不能使火藥停止燃燒而使發动机停下来。

在現代技术中广泛采用的液体燃料火箭却就沒有这些缺点。

从圖 6 中可以看到，液体燃料火箭里有兩个箱子：一个裝燃料，比方說酒精；另一个裝氧化剂，比方說液态氧。

用一只渦輪机帶动的兩个泵，把兩种液体逐漸地打到一个專門的燃燒室里去，在这里燃料和氧化剂就起化学反应，簡單点說，就是液体燃料开始燃燒。燃燒所产生的气体就从燃燒室噴到外面去，而反冲力就使火箭向前飞行。

火藥火箭和液体燃料火箭的运动稳定性，都是由空气稳

定尾片和空气舵来保証的。

現在火箭已經冲出了地球大气圈。以后它就要在沒有空气的空間里飞行了。空气稳定尾片和空气舵已經不适于用来控制它了。怎样才能使火箭轉弯或校正它的飞行方向偏差呢？齐奥尔科夫斯基提供了这个問題的解答。他建議在火箭噴出的气流中装上舵。这样的所謂噴气舵能用来改变火箭在無空气空間中的方向。要做到这一点，可以讓發动机跟火箭对称軸的相对方向改变一段时間。因此，發动机不是裝死在火箭骨架上的，而是固定在活动接头上的。

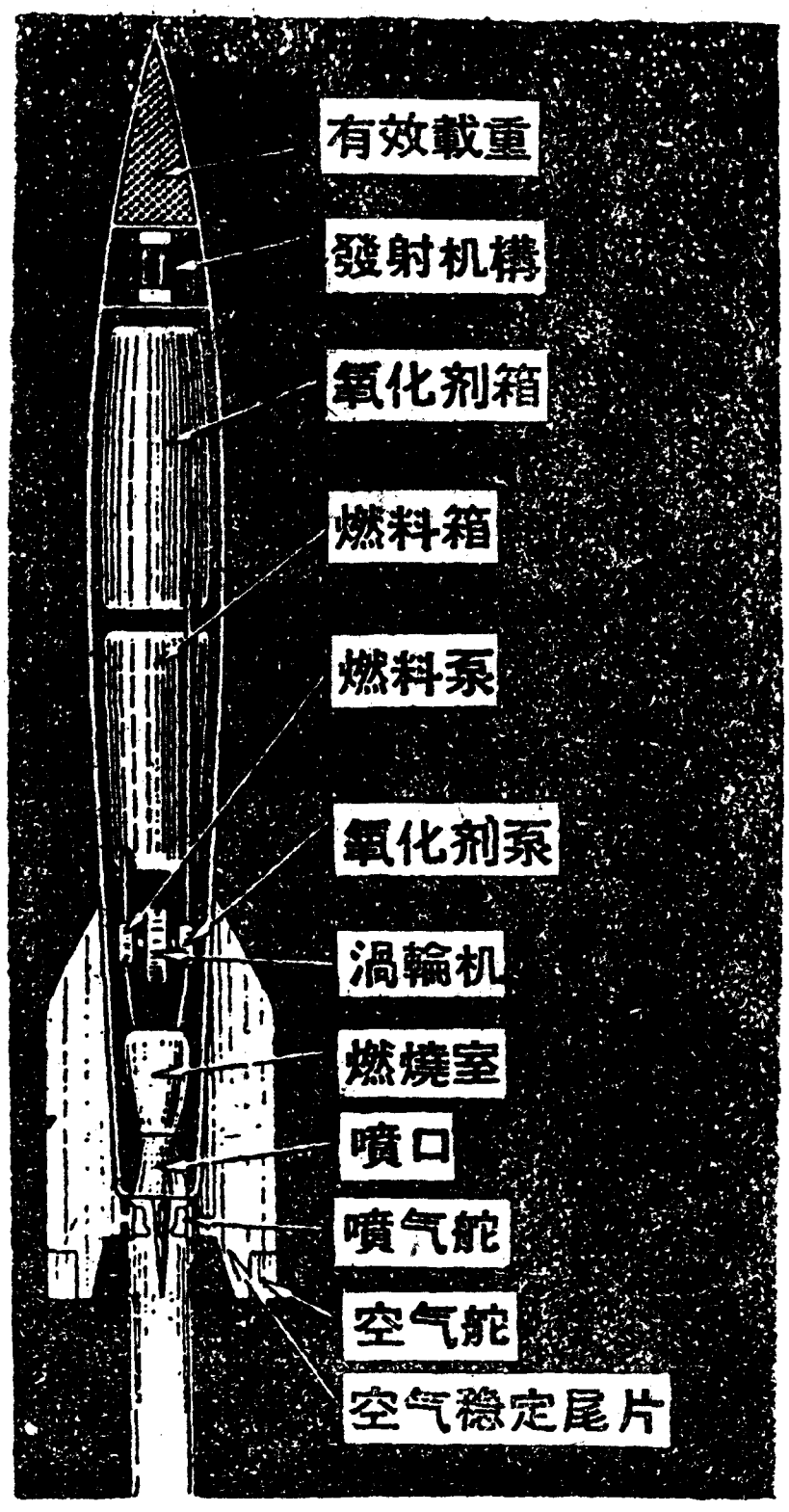

圖 6　液体燃料火箭。

火箭的速度是由什么决定的呢？

在远离各个天体的沒有空气的空間里，火箭消耗的燃料越多、气体从火箭噴出的速度越大，火箭就运动得越快。因此应当使用能使气体具有最大噴出速度的燃料。从这个观点上看来，氫和氧配合成的燃料是非常合适的。

可是氫即使是液态的也还是很輕的，它需要比别种燃料

大得多的燃料箱。此外，它在－253°C的温度时就已 經沸騰了。所以更加适用的是肼❶ 和硝酸。这兩种液体都比水重，可以装在不大的箱 子 里，而且使用起来也并不困难。

液体燃料火箭的發动机还可以采用 煤 油、汽油、松节油、液体石蠟等做燃料。氧化剂可以用高氯酸、过氧化氫等。

所有这些热化学燃料都能使气体的噴出 速 度 达 到每秒2.5公里左右，有根据認为，这个速度可以增加到 每 秒 4 公里。

另外还有一个增加火箭速度和上升限度的方法。为了达到这个目的，火箭必須用另一个輔助火箭来加速。輔助火箭完成任务以后，就自动脫离，吊在降落傘上落下来。然后主火箭才發动。这样，它在剛發动的时候就已經是在一定高度上并且具有一定速度了，因此它就能升得比寻常的火箭高。

这种复杂的火箭叫做复式火 箭(多 級 火箭 )(圖 7 )。增加級(輔助火箭)的数目，就可以进一步增加火箭的速度和它所能达到的高度(或远度)。

要再提高气体的噴出速度，就必須放弃普通燃料而改用核子燃料。核子燃料是什么，它有什么优点呢？

如今物理学已經順利解决了把一种化学元素变为另一种化学元素的問題。在某些場合，元素轉化时同时放出核能(原子能)。能放出这种能量的物質叫做核子燃料。这 种 燃料的特点是少許分量就包含有巨量的能。虽然釋放核能的过程进行得非常迅速，但这个过程是可以加以控制的。

原子能可以用来使一种液体(例如液态氫或液态氮)变成气体，随后再把这种气体从火箭中噴 出 去。

---

❶ 肼是无色有毒粘性液体，有难聞的气味。（譯者按：肼是 氮和氫的化合物。）

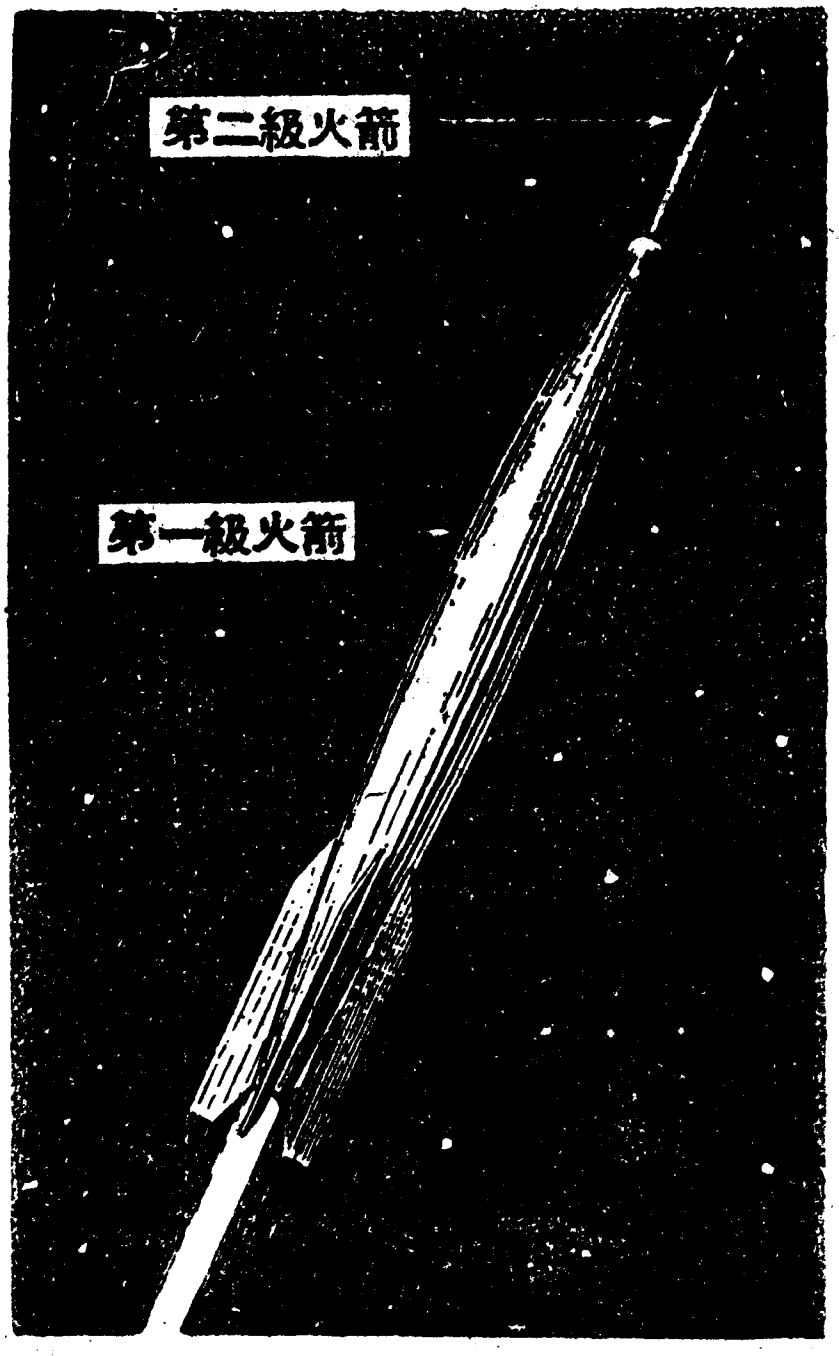


圖 7　复式火箭。

核子燃料跟液体或气体一起叫做“原子燃料”。

必須指出，“核子燃料”和“原子燃料”这兩个术語是不很确切的，因为原子能的釋放和轉移給惰性气体并不是寻常的燃燒作用。

原子热火箭是照如下的原理而起作用的。液态氫(或另一种液体)进入一个像液体燃料火箭的燃燒室那样的小容器里。以热的形式釋放出来的核能，在一刹那間把氫加热到很高的溫度。这时氫就轉化成气态并且在巨大的压力下向外冲出去。在利用原子能时，气流噴出的速度將达到每秒几十公里。而气体的噴出速度越高，实現星际飞行所需要的燃料就越少。这就是原子热火箭的一大优点。

从原理上来說，原子热火箭跟寻常的火箭沒有什么本質上的不同。但是有許多技术上的困难使原子热火箭不容易制造成功。比方說，必須“制服”在原子热火箭中产生的特高的溫度和压力，否則就沒有一种金屬能受得了。还必須設法保护火箭上的人，使他們不致受到原子能釋放时产生的放射性

輻射的危害。这就需要一种材料，既能吸收这样的輻射，同时又是很輕的，因为任何額外的負載对于火箭的作用半徑都有很大的影响。

## 3. 人造衛星的构造

苏联第一个人造月亮是一个很小的东西：直徑58厘米、重83.6公斤的一个球(圖8)。衛星体是用鋁合金做成的。衛星的外壳經过仔細的加工和磨光，这样可以保証衛星能被清楚地观察到。

衛星上裝有兩部大功率的無綫电發射机，分别用20.005兆赫(周)和40.002兆赫(周)的頻率工作。四根杆狀天綫各長2.4—2.9米。当軌道火箭起飞时，这些天綫紧貼在火箭体上。而在衛星分离成一个独立体以后，用活动接头固定在衛星体上的天綫杆就散开来，呈圖8所画的那个样子。天綫是衛星外表面上的唯一零件，其他全套設备和电源都裝在衛星体內。密封的衛星里充有氮气，由于經常的强制循环，氮气就調节着各种仪器和零件間的热交換。

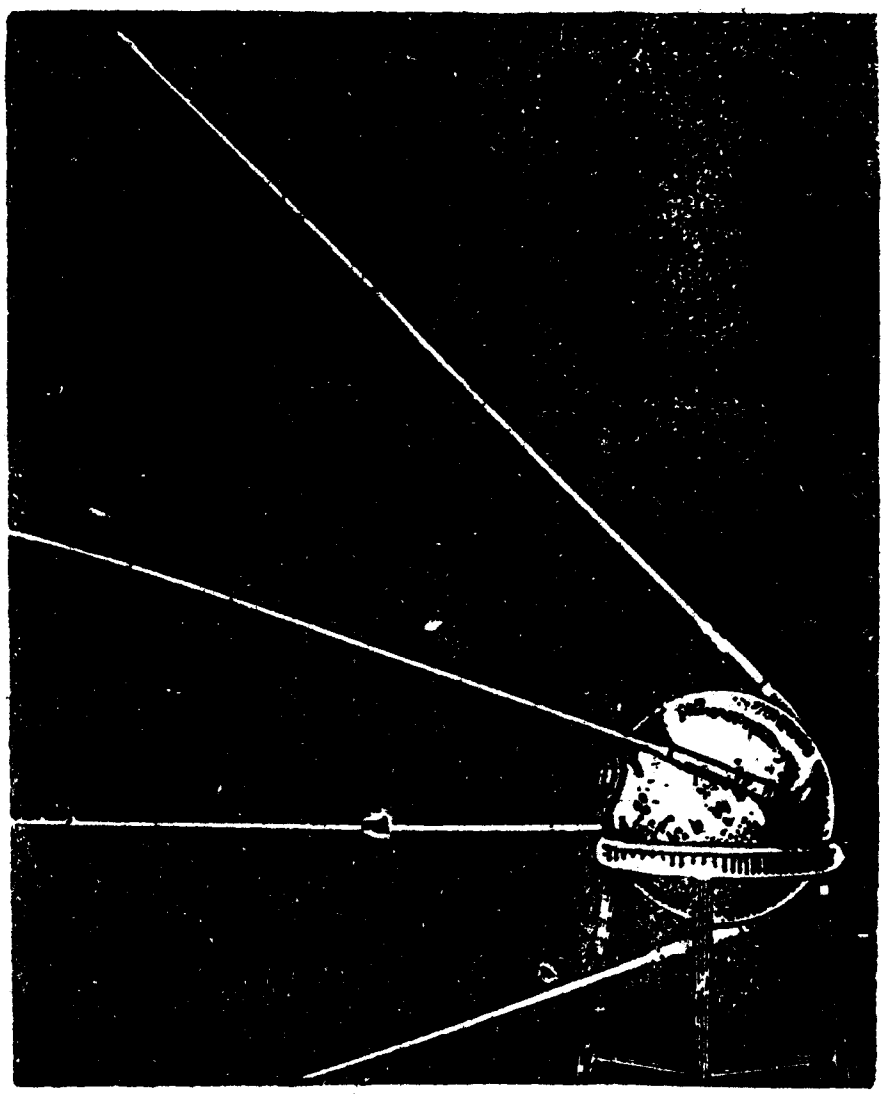

圖8　苏联第一个人造地球衛星(放在架子上攝影的)。

在苏联制成的第

二个人造衛星是运載火箭的最后一級，在这一級火箭里有裝着科学設备的容器。衛星里有：研究太陽在短波紫外綫和X綫光譜段的輻射的仪器；研究宇宙綫的仪器；研究温度和压力的仪器；裝有試驗动物(狗)的密封艙，艙里还有空气調节系統、儲备的食物和用来研究宇宙空間中生命活动的各种仪器；用来向地球發送科学測量結果的測量仪器；分别用跟第一个衛星相同的兩种頻率(40.002和20.005兆赫)工作的兩部無綫电發射机；必要的电源設备。

各种仪器、試驗动物和电源設备的总重量是508.3公斤。

我們到后面就会知道(見第70—80頁)，这种自动的人造衛星將被用来解决許多具有头等重要的科学价值和实用价值的問題。这样的衛星在大小和構造上將是多种多样的。

毫無疑問，有一天也將建成整座整座的飞行天文台和星际航行站。

要制造載人的人造衛星，自然还有許多困难。最复杂的問題是必須保証乘客能回到地球上来，这比發射衛星更为困难。單就这一点来說，制造載人的人造衛星目前还不可能。可是，从头一批自动人造衛星的發射和运轉中获得的經驗，將成为以后制造載人衛星的基础。

巨型人造衛星的輪廓將是怎样的，目前还考虑得不够成熟；但是有一点是十分明显的，就是說設計师們不一定要把衛星做成流綫形。由于外界沒有空气来阻碍衛星的运动，因此衛星随便做成什么形狀都可以。比方說，衛星可以做成輪胎形，像一个巨大的空心环，在它里面造成乘客生活和工作所需的一切条件。在衛星的外壁上可以做上欄杆、把手、甲板和系留及修理宇宙火箭所需的各种設备。艙房將不会很寬敞，因为人造衛星的設計师必須尽可能減輕衛星的重量，所

以也就必須把某些部分的体积縮小。

如果环形人造衛星是把一节一节"車廂"用彈性接口連接起来的，那末只要插进新的"車廂"，就很容易把衛星的体积放大。

衛星里的艙房当然应当和外面的空間严密隔絕。此外，內部的接口、門和隔板应当保証各个房間互相隔絕。艙門应当利用鎖閉裝置和彈性襯垫关閉严密。比方說，入口的門应当用橡皮鑲边，向內开而不是向外开。这样，小大气❶的压力就会使門关得更紧，因为門的另一面是沒有空气的空間。衛星的壁板应当是整塊的，不能有縫。窗玻璃跟金屬骨架应当接合得特别紧密。这种玻璃应当是打不碎的，它們的热膨脹系数应当跟鑲着或焊着玻璃的金屬差不多一样。

在短时的飞行中，宇宙飞船的艙房漏一点气沒有多大关系，因为在短时的飞行中，不潔的空气总归是要按时排到無空气的空間里去而另外补充新鮮空气的。可是在長期飞行时，或是在常設人造衛星的艙房里，却要把空气連續淨化，这时向外漏气就非常不妙了。

人造衛星上的玻璃窗和壁板將像地球的大气圈一样擋住太陽的紫外綫，这种射綫是穿过星际空間射来的，人体受到大量紫外綫的照射是有害的。在必要的时候也可以在窗上裝上特殊的窗帘。可能，为了避免流星体撞击的危險和各种有害的輻射，人造衛星的艙房根本不应当有直接面临外面的窗戶。这样一来，为了引进光綫，就必須利用裝有透鏡和反射鏡系統的狹窄孔道。在这种場合，可以利用潛望鏡进行观測，像在潛水艇里一样。

有人建議用上过膠的布料、玻璃絲或不透气的尼龙布和

❶ 小大气就是宇宙飞行器艙房里的空气。

塑料布做成像打足了气的輪胎一样的人造衛星。但是，事实上却未必找得到一种材料能防御宇宙綫的(关于各种有害輻射見第42頁)。为了这个目的，很可能得把壁板用几層不同的材料做成。

前面已經說过，在衛星上，地球的引力剛好被衛星沿自己軌道作圓周运动时产生的离心力所平衡了。因此，衛星上的物体和人是沒有重量的(就像我們在地球上由于地球繞着太陽迅速旋轉就感覚不出太陽的引力，而只感到地球的引力一样)。至于衛星本身的引力是感覚不出来的，因为衛星的質量太小了。

衛星可以做成有人造重力的。我們可以讓衛星繞着自己的軸旋轉，在衛星上造成一个离心力，用它来代替重力(第37頁)。也可以制成一种复式衛星，使它的一部分里是沒有重力的，而另一部分里是有人造重力的。

圖9中所画的人造衛星，上面有些旋轉着的艙房是有人造重力的。这个人造衛星基本上是用燃料箱和軌道火箭的最后一級的其他部分裝配而成。这样的人造衛星設計，保証可以使結構經常扩大。

在衛星上当然不会感到太陽能缺乏。齐奧尔科夫斯基曾建議把巨量的太陽能收集起来，用来在地球外的温室里栽培植物，供住在天外孤島上的人們食用。这样也許就能同时解决空气的自然循环問題。可是这样的温室必須很大。如果只要温室負担一个任务——淨化空气——而种植非食用植物，那当然就可以使温室的面积減小一些。但就是在这种情况下，温室也还是一个龐大的建筑物。例如，为了使一个人的空气"口粮"不間断地再生❶，如果种植喜光梓树(一种灌

❶ 这里所謂再生，就是使空气恢复原来的成分。——譯者

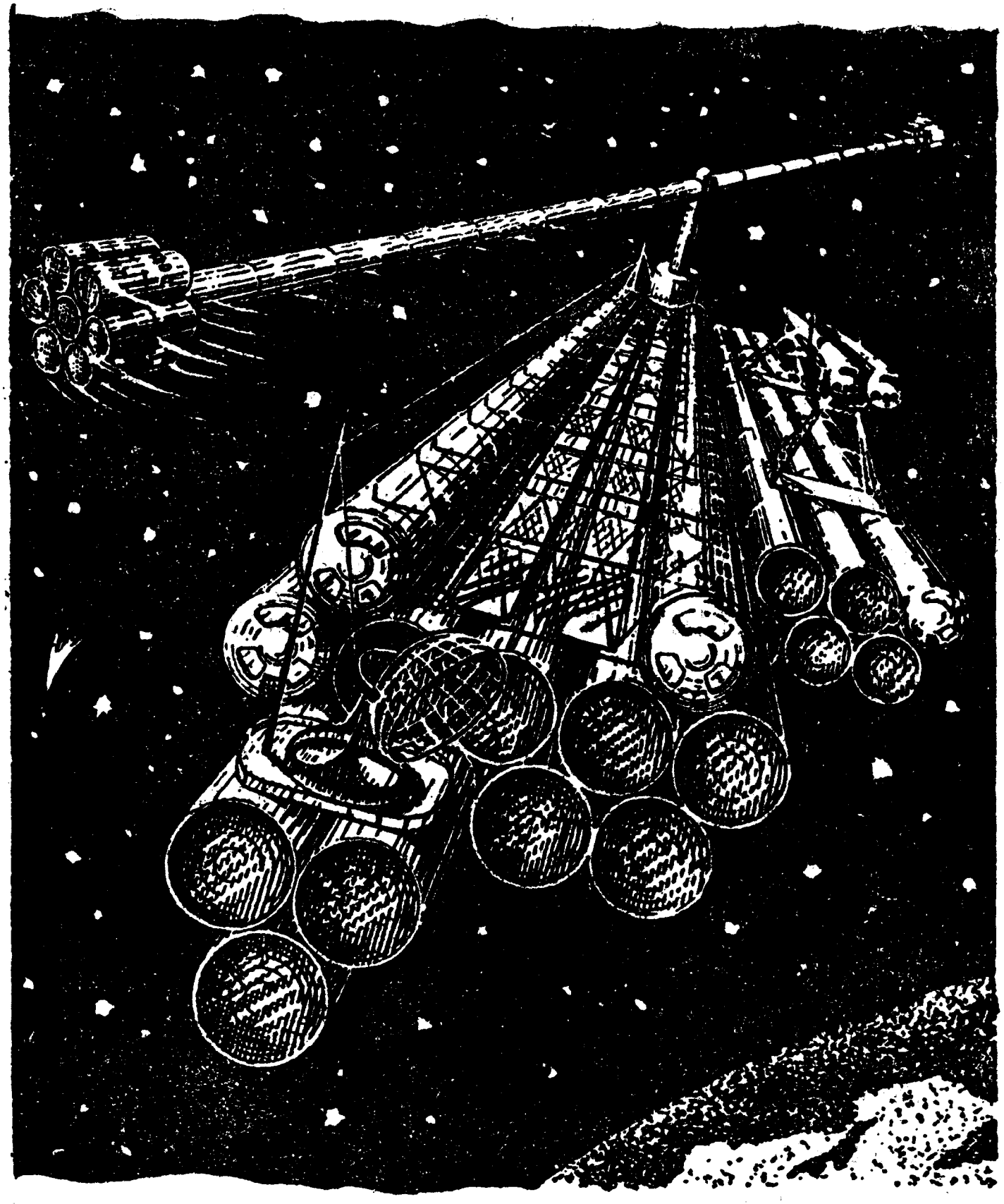

圖 9　人造衛星的大概結构。在下面部分里是沒有重力的；在上面部分里，由于它在旋轉，就感覚到人造重力。

木)；而且假定树叶都能充分受到太陽光，树叶的总面积就要有28平方米。采用一种特殊的水藻——寄生綠藻——来再生衛星里的空气也可能是很适宜的，这种水藻在太陽光下每小时可放出比自己的体积大50倍的氧气。可是，因为植物可

能雕萎，所以也就不能完全依靠自然的空气循环和水分循环，因此在載人衛星上必須有自动的空气調节設备。

1956年初，美国罗米克曾建議建造像拥有20,000人口的整座城市一样大的人造衛星。根据罗米克所發表的一些文章来判断，他的設計所根据的資料都是在星际飞行学書刊中發表过不止一次的，并不包含什么不可能实現的东西。至于說到这个要住20,000人的衛星的大小，那末必須强調指出，衛星的大小对于設計能不能实現并沒有影响：如果能够建立100人的衛星，那也就可以建立1,000人以至20,000人的衛星。不过令人怀疑的是，实际上是不是需要这样大的衛星。可能，設計者指出宇宙孤島的居民人数是20,000，不过是想迎合他的同胞們的心理，借以聳人听聞罢了。至于我們，却只会感到高兴，因为"星际飞行学之父"齐奥尔科夫斯基关于在宇宙空間中建立有人造重力的整座"城市"的理想，正繼續在技术思想中开花結果。

## 4. 衛星的装配

建造巨型人造衛星以及在月球和行星上建立星际航行站，需要采用嶄新的裝配方法。

假設以环繞速度运轉的火箭很大，在这样一个火箭里就能容有人的居室、实驗室、修配工作室、倉庫、宇宙飞船碼头等等，那这也就是人造衛星，也就是飞行天文台或从地球出發到月球和各行星去的星际旅行家的換乘站了。巨型的人造衛星大概是照如下方式来建造的。在第一个火箭發射出去一段时間后，就有第二个火箭朝它飞去，依靠無綫电控制設备跟第一个火箭并攏。然后用同样的方法發射第三、第四……个火箭，直到形成一个能住人和容納一切必需的儲备物資、設

备和仪器的相当大的天体为止。

順便提一下，給飞行中的飞机加油，这是早已做到的了。在建造人造衛星的时候，显然可以利用这个經驗，虽然人造衛星的速度和高度要大得多。人造衛星任何时刻的位置和速度事先都可以确定得比飞机还要准确。事实上，飞机的航綫和速度决定于天气和發动机的工作，而人造衛星却完全不受气象情况的影响，而且是在發动机停止工作以后自己运动着的。

康德拉秋克認为："最好把燃料和一切……能够經受每秒几千米的加速度而不致受到損害的东西(就是除了精密仪器以外的一切东西，这些东西应当适当地加以包裝)，用火箭炮發射的方法，不同人在一起單独地送到星际空間里去……"

这样，人造衛星就可以事先在地球上造好，并且詳細試驗它的結構可靠不可靠，在它上面能不能造成乘客所需要的生活条件，然后把它拆成一部分一部分，發射到事先計算好的軌道上去，到那里再把各部分裝配成一个整体。

要使从地球来的轉运火箭停靠在人造衛星上，可以利用海上的經驗，把系留索(例如鏈索)从衛星上投到火箭上去，这样兩个飞行器就能互相靠攏了。

以下的一个方案也是可行的。可以不必把一个个火箭單独地發射到正在建設中的衛星上去，而把所有的火箭編成队形同时發射出去。这样一来，后發射的火箭要去寻找先發射的火箭这种困难就沒有了，而人造衛星的裝配也可以在較短的时間內完成，因为不需要等待从地球上运来的一个一个部分了。而且，裝配工人遇到流星体撞击的危險也减小了(又見第40頁)。

## 5. 宇宙飞船的构造

宇宙飞船的構造看飞船的功用而定。用来登上月球的飞船的構造跟用来环繞月球飞行的飞船大不相同，用来飞上火星的飞船的構造跟發射到金星上去的飞船又不一样，使用热化学燃料的火箭飞船跟原子飞船又有本質上的不同。

用来飞上人造衛星的、使用热化学燃料的宇宙飞船，將是一个多級火箭，大小跟寻常的飞船差不多。有效載重是一吨的这样的火箭，在發射时要有几百吨重。紧密連接的各級火箭將封在一个流綫形的外壳里，以便在大气層中飞行时更容易克服空气的阻力。不很大的乘客艙房和裝載其他有效載重的容器似乎应当安設在飞船的头部。因为乘客在这样的飞船上只要逗留一个不很長的时間(不到一小时)，所以对它来說，也就不需要長时間飞行的星际飞船所必須裝备的那些复杂設备。飞行的控制和一切測量將自动进行。

完成了任务的各級火箭可以吊在降落傘上落回地球，或者伸出活动翅膀，变成滑翔机，飞回地球。

圖10表示最簡單的軌道火箭。

我們再来看一种宇宙飞船的設計(見圖11中央)。这只宇宙飞船將从人造衛星出發，去环繞月球飞行，以便長时間考察月球表面，但不登上月球。完成任务以后，它就直接飞回地球。我們从圖上可以看見，这只宇宙飞船基本上是由一对火箭組成的，每个火箭有三个大圓筒，裝着燃料和氧化剂，还各有一架裝着活动翼的宇宙滑翔机，以便能在地面上降落。宇宙飞船不需要流綫形的外壳，因为它是在大气圈外起飞的。

这样的宇宙飞船將先在地球上完全造好并試驗过，然后

再拆开运到星际航行站上去。接着再分批运去燃料、裝备、粮食和呼吸用的氧气。

宇宙飞船在星际航行站上装配好了以后，就出發到宇宙空間里去。

燃料和氧化剂將从中間的大圓筒送入發动机去，这兩个圓筒是宇宙飞船的主要艙房，暫时用来装燃料的。起飞后几分鐘內，它們就出空了。在出空之前，乘員們就暫时留在不大舒适的滑翔机机艙里。

飞近了月球，飞船就要变成月球的人造衛星。为了达到这个目的，將利用后側箱中装着的燃料和氧化剂。燃料用完以后，箱就脫开丢掉。在要飞回地球的时候，星际飞行員就从新开动發动机。供这个目的用的燃料貯存在前側的箱中。在进入地球大气以前，乘員們先登上宇宙滑翔机，然后滑翔机和航船的主要部分脫开，进入地球的大气層，把翅膀伸出来滑翔，慢慢下降。而飞船的主要部分却繼續繞着地球轉。

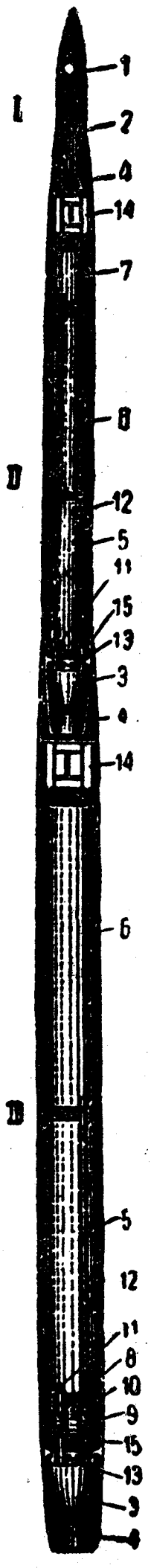


圖10　軌道火箭的一种可能設計：1—人造衛星；2—火藥筒；3—燃燒室；4—噴嘴；5—燃料箱；6—氧化剂箱；7—压縮气体箱，用以把燃料噴入燃燒室；8—燃料泵；9—氧化剂泵；10—渦輪机；11—燃料导管；12—氧化剂导管；13—發动机的活动支架；14—自动駕駛仪；15—自动駕駛仪的杠杆，用以使發动机轉动。

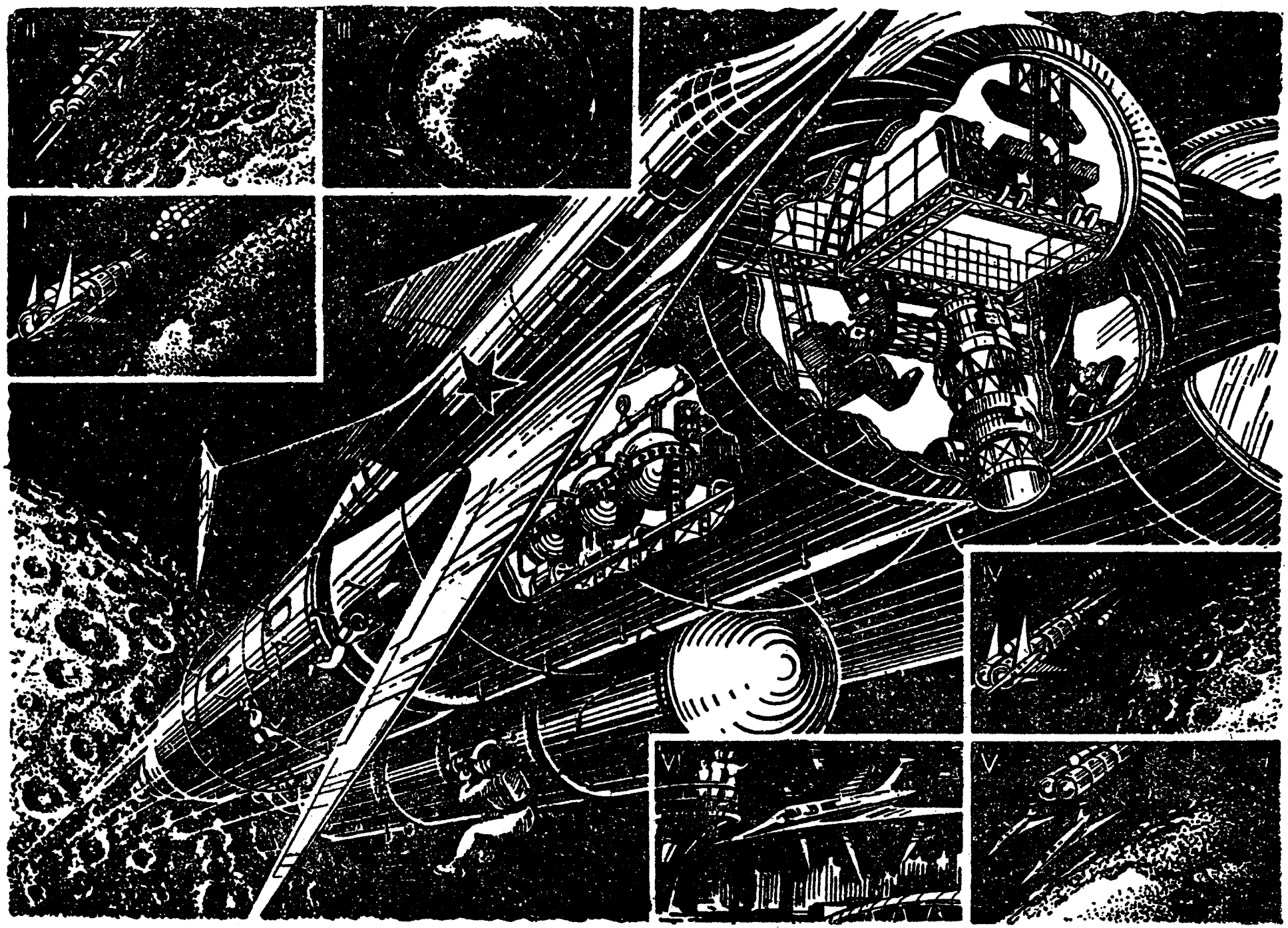

圖11　圖的中央部分是对月球作鳥瞰式考察用的宇宙航船的大致結构。Ⅰ—航船从人造地球衛星出發；Ⅱ—航船变成月球的人造衛星；Ⅲ—航船环繞月球的路徑；Ⅳ—航船飞离月球；Ⅴ—航船接近地球时滑翔机和它脫离；Ⅵ—宇宙滑翔机向地球降落。

*　　*　　*

从某一方面来說，宇宙飞行器特别是人造衛星有点像潜水艇，因为兩者的乘員都必須在密封艙內生活，和外界完全隔絕。艙內空气的成分、压力、溫度和湿度將用專門設备来調节。但是宇宙航船跟潜水艇相比有一个优点，就是它的艙房內外的压力相差較小。对于宇宙航船，这个压力差只有一个大气压(外面的压力等于零)；而对于潜水艇，这个压力差往往是几个大气压。

保持宇宙飞船艙房內的必需压力，是个很重要的問題。可能，空气成分如果調合得当，艙房里的宇宙旅客可以在低于一个大气压力的空气中正常呼吸。这样做是有好处的，因为，人造衛星艙房中的压力越低，它的外壳就可以做得越薄，艙房和宇宙飞行服的構造就越簡單，当外壳的接縫不够紧密的时候，空气漏到宇宙空間中的危險性就越小，而在被流星体击中时，空气通过外壳上的穿孔而漏失的危險性也就越小。

在地球的大气層里，当压力低到430毫米水銀柱的时候(相当于海平面上4.5公里的高度)，通常就要感到氧气不足了。有人用实驗証明了，当吸入肺里的空气的压力降低时，应当增加空气中氧的含量，否則就可能引起窒息。

当气体压力低于47毫米水銀柱时，人和其他任何动物就是在純氧中也不能生存，因为在这样低的压力下(这个压力相当于19公里高度上的压力)，人体(体溫为攝氏37度)中所含的水就开始沸騰了。这种現象当然会引起生命危險，因为这时候皮膚、細胞等都要裂开来(这就是所謂沉箱病)。在低压力下，听覚也不灵了，还会感到牙痛。这时，为了減少人体表皮的蒸發量，就要提高压力。至于选定多大的压力最为合适，这个問題只能用实驗的方法来解决。

宇宙航船艙房里的空气不宜是純淨的或近乎純淨的氧气。

实驗証明，純淨的氧气在压力为190毫米水銀柱时就已經能引起像海平面上的空气所引起的那样的生理作用了。可是，長时間地呼吸純氧却会使人衰弱無力的。

应当注意这样一点：空气中含有大量氧气时，發生火灾的危險性就增大了，而且食品也会迅速氧化和腐爛。因此，航船艙房里的空气中也应当含有别种气体。关于这个問題，人們曾不止一次地討論过，在宇宙航船或人造衛星的艙房空气中，能不能用别一种惰性气体来代替氮气。

艙房里的空气可以在專門的冷凝器里冷却到二氧化碳的液化温度，也就是冷却到攝氏零下78度，这样就可以不停地淨化。在冷却时，先是水分离出来，然后液态的二氧化碳也分离出来。淨化了的空气应补充适量的氧和水蒸汽，因为艙房空气中的水分含量將由于冷却的結果而减少。在这以后还要把混合气体加热到正常温度。

把沉重的再生空气設备运到使用期限不長的人造衛星上去，怕未必上算。使艙房中"通風"、就是把不潔的空气排出去、新鮮空气补充进来，似乎要簡單一些。也可以用化学藥剂从空气中把二氧化碳吸收掉。比方說，潜水艇潜入水中以后就用吸收剂来清除二氧化碳，一連支持許多天。

把必需儲备的氧气冷凝成液体来携帶，是比較方便的。从地球上运氧到人造衛星上去，甚至可以运固态氧，这样所需的容器就最輕。供呼吸用的氧也可以讓它先变成过氧化鈉儲存起来，以后，过氧化鈉吸收二氧化碳和多余的水汽，就放出氧来。如果用固态的过氧化氫，那也許更加合适了。

在沒有重量的情况下，人造衛星的空气中是不發生对流

現象(下層和上層之間的空气交流)的，这就会引起窒息，因为空气停滯不动，二氧化碳就形成一个"套子"，使呼吸作用不可能进行(火焰的燃燒作用也一样)。因此艙房里应当用通風机或别种設备来經常攪动空气，同时使空气作强制單向循环。

## 二、人在宇宙空間中的情况

### 1. 高速度对人体无害

我們現在来研究这样一个問題：將来，人要飞到宇宙空間里去，特别是要飞到人造衛星上去，在衛星上停留一段时間后再飞回地球来，那末，因此而产生的各种生理現象，人是不是經受得住呢？

在作这种宇宙旅行的时候，身体不适可能主要是因为失去了正常的重力感而产生的。首先我們要指出，沒有一个速度是人体所經受不住的，只要同时还沒有过大的加速度就行了。事实上，地球的自轉有沒有使我們担过一点心事呢？并沒有。然而赤道上的任何一点由于地球的自轉而得到的运动速度却达到每小时1,675公里。还有，地球繞着太陽旋轉的速度在每小时100,000公里以上，可是这有沒有使我們感到心神不宁呢？并沒有。最后，我們平常有沒有覚察到，我們这整个太陽系在宇宙空間中是以每小时70,000公里的速度在运动着的呢？也沒有。考慮考慮这些事实，我們就能断定，人的身体是能够安全地經受任何速度的。

从地球飞入宇宙再飞回来可以比作向宇宙的一个大跳躍，在这个跳躍里，星际飞行家有时將受到重力增大作用，有时將处在無重量的狀态里。在平常跳远和跳高的时候，我

們会感受到类似的情况。当我們脚一蹬而身体离地的时候，我們就感覚到我們的体重增加了。跳远和跳高的这个阶段跟火箭从地球表面起飞类似。我們的脚掌离地以后，我們的身体就向着一定距离冲去，这时我們依靠慣性在空中运动，感覚不到自己的重量。跳远和跳高的这个阶段跟火箭航船关掉發动机以后的运动类似。最后，当我們的脚重新碰着地面的时候，我們的速度就逐漸减小，于是我們又覚得有体重了。跳躍的这个第三阶段跟宇宙航船要在地球上降落时的减速期类似。

## 2. 在重力增大了的世界中

当火車突然开动的时候，車上的旅客就感受到一个向后的推力；如果背后有一堵壁板，旅客就会压在壁板上。这时就造成所謂体重增加，其原因就是运动的加速度。这种作用跟重力的作用完全一样。將来火箭艙房中的星际旅客也会感受到火箭發动机推力所引起的这种体重增加作用。在起飞的时候，这个力量自然是大于地球的引力的(否則火箭就不能离开原地了)，因此它也叫做"增重"(通常說三倍增重、五倍增重等，是把它跟平常地球上的重力相比来說的)。

当飞机利用彈射器起飞的时候，飞行員要受到四倍增重，也就是說，他会感到自己比平常重了三倍；飞行員在作特技飞行的时候常常要受到八倍的增重；而跳水运动員在水中下沉的时候受到十六倍的增重是很平常的事。可是必須考虑到，在彈射器上，体重增加的作用时間以几秒計，而在跳水的时候(更确切地說，就是在落到水中以后逐漸减速时)，作用时間却远不到一秒。我們也知道，普通的交通工具即使加速度不大，也能在較長的时間內开到最大速度。然而，以

上所举的例子决不能証明，人是能够在很長的时間內經受为达到环繞速度所必需的增重的。

有沒有可能在实現宇宙飞行以前就确定，人能够經受多大的增重和能經受多長时間而沒有生命危險呢？

在轉动中产生的离心力也引起增重。这样就可以得到長时間的任意大小的增重。可以讓人坐在旋轉机(一种像旋轉木馬似的东西)的台上，再使旋轉机非常迅速地轉动。如果半徑和旋轉速度选擇得当，就可以引起像是在發射中的火箭中一样的感覚。实驗的結果証明，火箭的乘員是經受得住为达到星际航行速度所必需的加速度(和增重)的，因为实驗証明4—5倍的增重大多数人是能够經受几分鐘而不会受害的。

一个人能够經受增重的程度跟發动机工作时身体的位置有很大关系。比方說，一个人仰臥着或俯臥着的时候，对增重的反应就和坐着时不一样。一个人站着的时候，脚上感到的重力最大。在采取别的姿势时，重力的感覚和全身的疲乏情况就不一样了。例如，我們坐着比站着不容易累，而最不容易累的是躺着。要减輕在体重增加时产生的疲劳，最有效的办法是把人安置在为他特制的匣子里❶。穿上特制的"反重力"衣服，足部和身体下部所受的压力就可以增加一些，这样血液从头部流出来就可以减緩，并使血液容易供应大腦。实驗証明，这样的服裝可以使人在比軌道火箭發动机工作期更長的时間內毫無困难地經受住三倍的增重。

还应当指出，經受巨大增重的能力跟一个人的身体特点有关，跟訓練也有一定关系。一个人很容易經受的增重，对于另一个人来說却可能是致命的。

---

❶ 这个办法是著者1933年在提交給巴黎星际飞行委員会的著作中提出来的。

## 3. 无重量情况下的生命

当宇宙航船在無空气的空間中依靠慣性繼續运动的时候，在航船中的人就感到自己是沒有重量的。原因是这样的：人有重量感是因为支承物（地板、椅子、床等）对人体有压力和人体各部分相互間也有压力。如果把支承物拿掉，重量感也就消失了。

我們举个例子来說明这一点。

取三塊磚互相叠起来。頂上的一塊磚用一定的力压中間一塊磚，而中間一塊磚就用兩倍的力压下面一塊磚。但如果我們把这三塊磚一起投到窗外去，那末，它們在下落的时候，相互間就沒有压力了，因为下面的磚已經不再支承上面的磚了。

在星际飞行学書刊中，所謂"重量"通常是指对宇宙航船艙房中的东西和人起作用而使它（他）們紧貼在地板上的力，而不是指地球的引力，地球引力当然是永远不会消失的。宇宙旅客所感到的，正是这个使他們紧貼在地板上的力的作用，而不是地球引力的作用；也正是这个力拉那放在航船上的彈簧秤的彈簧和垂球的悬綫的。当沒有这个力的时候，各个物体相互間就沒有压力，人們就感覚不到有把他們压向地板的力，也就是失去了重量。

人体失去重量后的情况　失去重量这件事对人体的作用，曾經在噴气式飞机的高空飞行中部分地研究过。为了进行实驗，飞机先爬得很高，然后，当它一面爬一面达到了最大速度的时候，就把發动机关掉。这时飞机就像被投出去的石塊一样，在非常稀薄的大气層中依靠慣性繼續运动，只受到不大的空气阻力。在这样的情况下，重力几乎完全消失（說

是“几乎”，是因为畢竟还有一些大气阻力)。这样就能在噴气式歼击机中造成大約一分鐘的無重量狀态。最后，無重量狀态(不过是不完全的)对人和动物的影响也可以在飞机垂直下落或延迟跳傘❶(在降落傘張开以前)时加以研究。

实驗表明，失去重量感一分鐘对人是無害的，虽然在开始那一会兒人对于自己的动作会完全失去控制(动作变得非常猛烈)。

在第七次国际星际飞行会議上，美国格拉特沃尔报告了研究短时失重作用的300次实驗的結果，这些实驗是在1955—1956年間进行的历次專門实驗飞行中由16个人做的。

失重現象对生理作用的影响輕重不仅因人而千差万别，而且就是在同一个人也要看情况而定。有許多人在感到失去重力时甚至很愉快，但是另一些人却或輕或重地感到难受。有的人嘔吐了，在着陆以后許多小时还感到惡心。在短时失去重量的情况下，血液循环并不發生什么病理現象，想做什么动作也并沒有什么不愉快的感覚。失重現象的作用跟訓練和处在失重狀况下的时間長短有很大关系。就失重現象的短时作用的結果去推論失重現象的長时作用，是非常冒險的。

前面已經說过，人們在失去重量时的感覚是因人而千差万别的。

例如，有一个35岁的飞行員，駕駛噴气式飞机已經有一千小时的資历了，还受过兩百多次失重狀态的作用(主要是在他自己駕駛的飞机上)，据他說，要动动手脚，并不需要用很大气力，而且肌肉的协調一点也不受破坏。調整飞机对地面的方位并無困难。“上”和“下”的方向感并不改变。失重

❶ 跳傘員从高空跳下，直到快接近地面时才打开降落傘，这叫做延迟跳傘。——譯者

狀态使这位受試驗的飞行員产生了愉快的感覚；他的視覚、听覚、呼吸在失重情况下都沒有發生任何不良征象。

格拉特沃尔本人也曾受过47秒鐘的失重狀态的作用，他是这样記述自己的感覚的："我一生从来沒有感到过像这样舒服的，如果我能够选擇一种方式来休息的話，我無疑地会选擇失重狀态。"

另一个受試驗的46岁的人是有丰富的滑翔机飞行經驗的，他却說在失去重量的时候，他失去了"上"和"下"的观念。受过試驗而对失重狀态的作用感到难受的人当中，既有一些20岁的毫無飞行經驗的人，也有一些三十来岁的飞行員，而且是有1,000—1,500小时飞行經驗的。

在不完全失去重量的情况下，老鼠、狗和猴子所能經受的时間比人長得多(人最多只能經受三、四分鐘)。在波克罗夫斯基的領导下，在苏联曾試驗过把狗送上110公里的高空。在火箭向地球降落回来的时候，穿着装有适当設备的飞行服的狗就被彈射器彈出来：有的是在90—85公里的高度上彈出来，有的是在50—35公里的高度上彈出来，但都是在4公里的高度上打开降落傘，然后降到地上。所有9只受試驗的狗都平安地回到地上来了(有3只狗試驗过兩次)。在降落时曾拍攝过电影片，記录过心动电流圖，还測量过狗的体温、脉搏等等，这些資料表明，每一只狗虽然因为体質不同而反应也不同，但基本上都能很好地适应無重量的情况。

这样我們就知道，短时的失重狀态对人体是無害的，無論如何对許多人来說是無害的。可是，宇宙旅客在人造衛星或宇宙航船上却可能要停留好多天甚至几个星期、几个月，所以我們目前对于他們的身体感覚只能作出仅有某些根据的推測。有的研究者認为，在長时間失去重量的情况下，心臟

也將能正常地动作，因为心臟的作用跟接在閉合管道上的抽水机的机械作用是类似的，心臟只要克服血液跟血管壁的摩擦力就行了。但是这种說法是靠不住的，因为心臟的活动是和中樞神經系統紧密联系着的。

無重量情况下的呼吸問題更加复杂。比方說，在短时降落时(例如在跳傘时)，通常都發生呼吸停止現象。乘人造衛星飞行时，失重狀态給人的感覚就像降落时一样；如果这个时間很長，那可能就要利用器械来进行人工呼吸了。

进食在無重力的情况下是同样可以进行的，因为食物通过体內是由食管肌肉的收縮来主宰（甚至当头部垂到比軀干低的时候，也可以咽下流質食物)。

在寻常情况下，不論身体采取什么姿势，是站着、坐着还是躺着，各种生理作用都能照常进行。因而，改变人体器官相对于重力方向的位置，对器官的工作并不起什么重大影响。不过，把头部下垂到比軀干低，这是很难長时間支持的。这就表明，当身体取某些不寻常姿势的时候，重力对人体的作用是有害的。但这完全不是說，重力的存在对于身体的其他正常姿势是必需的。恰恰相反，由于大部分生理作用是在肌肉力、滲透力(透过半滲透膜的力)等的作用下进行的，所以我們有充分理由認为，失去重量并不会使人体活动产生重大障碍。

無重量現象对地球上的动物的影响，研究下来就得到了这样一些結果。裝有試驗动物的苏联第二个人造衛星的發射，为研究生物对無重力世界的适应性开辟了嶄新的可能性。利用苏联的第二个人造衛星，头一次用实驗的方法考察了長时失重对动物的作用。这个实驗的結果是令人振奋的：裝在衛星上有特殊裝备的密封艙里的小狗的生理机能，不仅

在几小时里而且在几天里都是令人滿意的。

这使我們有理由認为，星际旅客就是在飞行开始的时候也不会因为失去重量而不能控制自己的，更况我們可以在这个时間內在宙宇飞行器艙房內造成适当的生活条件(見第37—38頁)。

無重量情况下的工作和生活　現在我們来看在無重量情况下將要發生的各种物理現象，这些現象在人造衛星的日常生活中随时都会碰到，而且跟我們在地球上習以为常的現象自然是大不相同的。

在沒有重力的情况下，通常所理解的“上”和“下”的观念就消失了。从手中抛出的物体將不向下落，衛星上的人們將只是人为地把地心的方向認为是“下”。人們可以采取任何姿势来休息。走路將成为不可能，因为脚掌对地板不再有压力，因而移步所需的摩擦力也就沒有了。在人造衛星或星际航船里，要移动身子，可以向着牆壁或固定不动的物体拉，或是撑着这些东西推。

应当指出，在人造衛星或星际航船上，虽然物体是沒有重量的，但是要使物体运动，或相反地使物体停止运动或是使它的运动减慢，还是需要在一定的时間內对物体施一定的力，因为物体自然是不会失去一切物質所固有的慣性的。

星际旅客要从人造衛星里跑到沒有空气的空間里去的时候，显然要用繩索来保持他和衛星的联系。他可以帶着一个系在細繩上的重物，当他把重物向一个方向抛出去的时候，他自己就向相反的方向移动了(根据这样一个定律：当只有內力作用的时候，質量中心的位置就保持不变)。也可以用小火箭或手槍来达到这个目的，但是采用这些方法，就要一去不复返地損失一些物質了。

通常的家具和工具將不能使用。要把任何一个物体保持在一定位置上，就必須把它固定牢。例如，盛着水的瓶要扣牢在牆上。在做飯的时候，要把鍋子盖紧，然后用特制的离心机使鍋子旋轉，以便鍋子里的食物貼在鍋壁上。如果使用电磁用具就非常方便，因为它們在沒有重量的情况下仍旧是很管用的。

液体从器皿中倒出时，由于表面張力的作用，就变成球形。当它与固体接触时，附着力就可以大过表面張力，这时液体就会泛鋪在物体表面上。总而言之，使用液体將是很不方便的。洗臉將只能用浸了水的海綿或毛巾。要把瓶子倒空，簡直就要把瓶子和它里面盛着的液体兩下"拉开"，否則就要利用离心作用，把瓶子沿着大圓弧甩动，最后，还可以利用唧筒或橡皮灌注器。

在沒有重量的情况下，拿一枝火柴在匣上一划，火柴头是着了，但火柴梗却着不起来。蠟燭和煤气灯也着不起来。这是因为，在地球上，燃燒产物——熾热的气体——比較輕，因此就向上升(对流現象)，讓新的一分氧气填补进来，繼續維持火焰。但是在無重量的情况下，熾热气体并不比它周圍的空气輕。于是它就在火焰周圍聚积起来，使火焰熄灭了。要維持火焰，必須使一股氧气連續不断地流到煤气灯里去。当然，更方便的是利用电热器。

在沒有重量的情况下，空气中所含的灰塵就不会沉降到地板和其他物体的表面上去，这对人的健康是不利的。为了除去灰塵，可以采用电动濾过器。星际旅客的服裝要不管重力怎样都能貼在人的身体上。这样看来，在宇宙航船上，許多現象和作用的控制都要稍微困难一些。可是也有些作用(例如搬动重物)在無重量狀态下实現起来却比較容易。

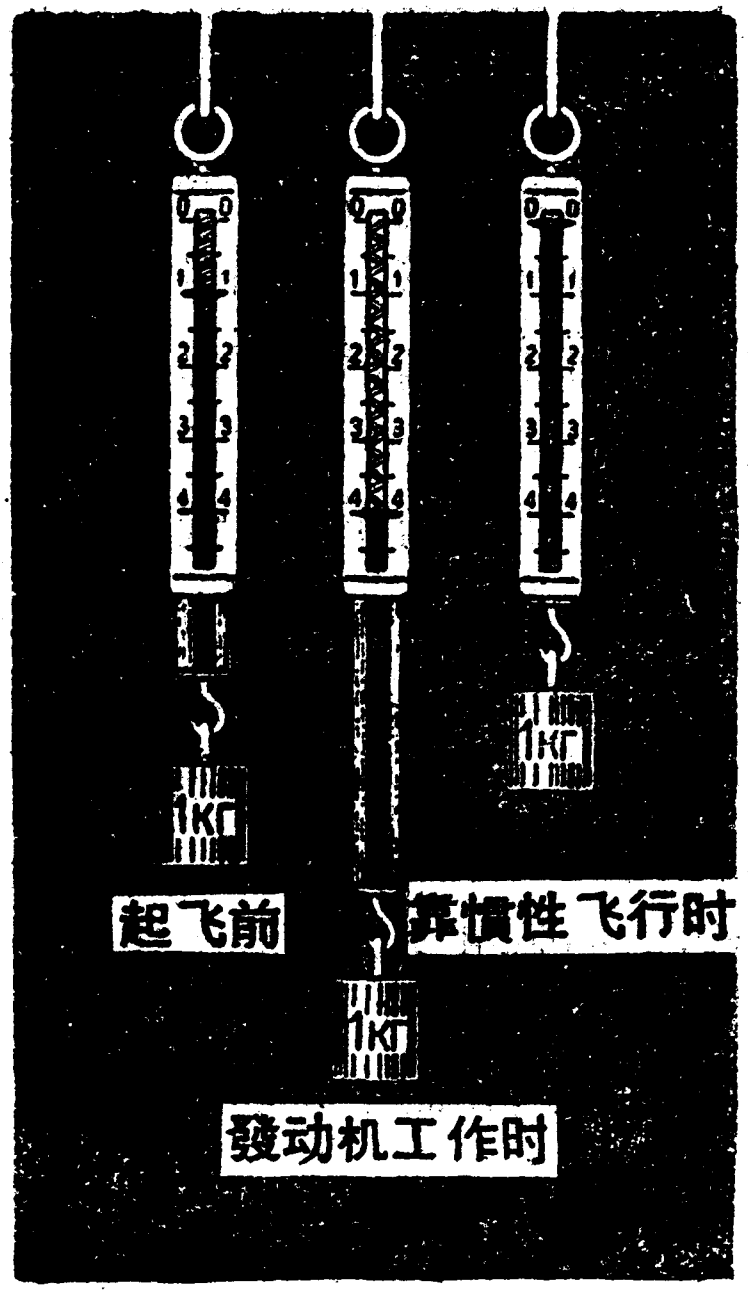


圖12　物体重量在宇宙飞行中的变化。

最后我們还要提出一个重要的意見。有时人們說，在飞行着的火箭上，物体的重量“看起来好像”有增加或“看起来好像”有損失。这种說法是大錯特錯的，重量的增加和損失都是实实在在的現象，是可以用仪器来測定的。

圖12表示在宇宙飞行过程中物体重量的变化。在地球上，1公斤重的砝碼悬在彈簧秤上，它就把指針拉到“1公斤”的刻度上。可是在起飞的时候，砝碼的重量也和火箭上一切物体的重量一样，就增加几倍，比方說增加到4倍，于是彈簧秤的指針就指着4公斤。而在依靠慣性飞行的时候，宇宙航船上的一切物体都失去了重量，因此彈簧秤的指針也就指着“0”。

## 4. 人造重力

这样看来，目前我們还不能用实驗来証明，人在無重量的情况下仍將感到十分正常。可能要采用特制的藥品来維持人体的正常活动。

乍看起来，最簡單的方法是使發动机不停工作(哪怕是用低功率来工作)，以建立人造重力場；埃斯諾-彼尔特里

在1912年就曾这样建議过。可是这个方法要消耗許多燃料。另外一个异常簡單的造成人造重力的方法，就是使人造衛星自轉。按照齐奧尔科夫斯基早在19世紀末(1895年)提出的想法，宇宙飞行器(比方說圖11上所画的宇宙航船)应当由互相連接的兩部分构成。在需要的时刻，这兩部分就互相分开，可是仍旧用鋼繩联系着，然后由小的火箭發动机推动，圍繞它們的共同重心开始旋轉(圖13)。显然，在沒有空气的空間里，整个系統达到了需要的角速度以后，不用發动机也能繼續旋轉了。

圖13　在宇宙航船上建立人造重力。

*　　*　　*

这样我們就可以知道，从生理学的观点来說，人在人造衛星和星际航船上停留，不会有什么不可克服的障碍。当發动机工作的时候，宇宙旅客無疑是能經受四倍的增重几分鐘的。这样就可以使發动机能够在很經济地工作的情况下使火箭得到必需的速度。

至于說关掉了發动机的火箭或人造衛星依靠慣性繼續飞行时的情况又是怎样，那末我們就不敢完全肯定說長时間失去重力对人体全無害处。但即使有害处，也不至于成为建造住人的人造衛星和宇宙航船的障碍，因为我們在技术上完全

有办法利用旋轉来造成重力感。

苏联第二个人造衛星上的試驗动物的令人鼓舞的試驗飞行說明，在發动机停止工作以后，星际旅客不会失去自制力，而且造成人造重力也似乎是可能的；同时，無論如何，星际旅客們是能够靜待自动机使衛星(或宇宙航船)旋轉起来的。

## 5. 飲食和呼吸問題

宇宙飞行器密封艙中的星际旅客的氧气、水和食物的供应問題，今天虽然已經可以解决，但是專家們还必須尽不少心力来作进一步的鑽研。我們如果估計到，比方說，一次星际探險可能要延續几年，那就可以知道这个問題并不是不重要的了。宇宙飞行器上調节空气和使水循环❶的办法問題，目前也研究得不够。

对于星际旅客所必需的飲食和空气的供应量問題，各著作者的意見有很大分歧：有的認为每人每日在4公斤以下，有的甚至認为要10公斤。每人每日所需的干制食品量在0.5到1.2公斤之間。对于完全干燥的無水食品，0.5公斤是更近乎事实的。为了氧化这些食品，有1公斤多一点的氧气就够了(不要忘記，呼吸作用是和食物消化作用紧密联系着的，我們吃得越多，吸进去的氧气也就越多)。由于碳水化合物跟氧化合时放出的热量比蛋白質和脂肪放出的少，所以星际旅客的食物中应多含蛋白質和脂肪。

可是高質量的食品所含的碳水化合物在跟氧化合的时候，放热能力却可以和脂肪媲美。因此，星际旅客的伙食，

---

❶ 所謂使水循环，大概是指处理髒水，使它化为清水，以供再度使用。——譯者

虽然分量必須極輕，而品种却可以是多种多样的。特别是北美印第安人所爱吃的食物——彼姆蜜康(用干肉、脂肪和浆果汁制成的糊膏)，由于發热量高而且能够長期保存，在人造衛星上可能有很高的价值。

每人每日所需的水据测定是2公斤。有人建議用过氧化氫的形式来携帶水和氧，这看来是很合理的。这样可以减小氧气箱的体积，因为氧就好像是包在水里的一样。而且当过氧化氫分解为水和氧时，有一定的热量放出来，这种热量可以供住室取暖。

使水循环的裝置只是对星际飞船和常設人造衛星才是有利的。在采用这种裝置时，飞船或衛星上水的总量將由于水的合成而不断增加，因为在人体內，干食品中所含的氫在氧化时經常生成水。

## 6. 宇宙飞行中的危險

流星体襲击的危險　常有人担心宇宙飞行器会不会跟大流星体相撞。这种危險性有多大呢？有什么方法可以防御它呢？

地球是經常受到流星体的轟击的。地球表面上每年有成千上万的隕星❶落下来。这些隕星(鉄質的和石質的)在窜入地球大气層以前有大有小。

隕星窜入地球大气層的速度是每秒10到70公里。隕星在穿过大气層的时候，由于空气的摩擦和阻力而發热發光，有时候亮度跟太陽一样。

流星体撞进宇宙飞船可能使飞船毀灭，因为一个極小的穿孔就能破坏艙房的空气密閉性，于是空气就要从艙房里漏

❶ 通常把穿过地球大气層而向地面落下的流星体叫做隕星。——譯者

光了。可是，正如实驗所表明，当压力陡然下降时，人能够保持自制力大約15秒鐘，而这就足够使人打开宇宙飞行服上的氧气設备了。

甚至微小的流星体也能逐漸破坏宇宙飞船的外壳。对于長时間环繞地球运轉的人造衛星来說，这种危險性特别大。古語說得好："水滴石穿不是靠力大，而是靠耐勁。"

美国在1953年做了一个实驗，結果在40到140公里的高度上在144秒內記录了66次流星体的碰撞，平均每平方米每秒鐘受到4.9次碰撞。在其他一些实驗里，一些抛光过的金屬板在高空中停留过以后，可以用显微鏡發現它們表面上有一些由于小流星体撞击而形成的砂眼。

目前还沒能找到防御流星体襲击宇宙飞船的有效方法。可是我們知道，流星体在空間上和时間上的分布是不均匀的。許多流星群的軌道已被詳細地研究过。將来星际航行家在选定飞行軌道和飞行时間的时候就要考虑这些資料。他們有可能在"流星平息"的时候飞上月球再飞回来，几乎不会碰到大一点的流星体。头兩个人造衛星的經历也使我們相信这一点，这兩个人造衛星沒有發生过任何"流星事故"，它們所走过的路程比往返月球的路程还要長許多倍。

將来当宇宙飞船飞出火星軌道范圍的时候，星际旅客們还要遭到跟小行星相撞的危險。天文学家們目前已經知道大約1,600个这样的天体和它們的运行軌道。这些小行星主要是在火星和木星的軌道間环繞太陽旋轉的。

已知的小行星的总質量跟太陽系的全部流星物質的質量大致相等(約为地球質量的千分之一)。十分明显，即使是跟这些天体中直徑約一公里的最小的天体相撞，也会使宇宙飞船毀灭。

宇宙飞船如果是用寻常外壳的，將只能防御流星塵，而双層的或多層的外壳將能防御飞船在路上可能碰到的小流星体。

至于說防御較大的流星体，那末可能要利用雷达設备自动地使宇宙飞行器的路綫偏轉。可是应当指出，宇宙飞船由于运动速度很大，所以沒有地上交通工具那样"灵活"。一个步行者可以毫無困难地繞过他在路上所碰到的障碍物，而汽車竞賽者在以高速度駛行时要繞过障碍物就比較困难了，噴气式飞机要迅速轉向却还要困难。自然，要使宇宙飞船迅速偏离自己的軌道，是很不容易做到的。在这方面科学界还有重大的工作要做。

关于防御流星体撞击的問題，用轟击流星体的办法来解决，也并不是不可能的。不用說，用雷达机来測定威胁着衛星的流星体的方位以及使反流星体机槍瞄准和射击，都应当是自动进行的。"扑向"衛星或宇宙飞船的流星体遇到了槍彈，就在离开衛星或飞船一定距离的地方爆炸，于是就只有微不足道的一些"飞沫"可能落在宇宙飞行器上。这些微粒似乎不会比流星塵更危險，而流星塵是飞船的外壳就可以防御的。

人造衛星防御流星体襲击將比星际飞船稍微容易一些。实际上，如果人造衛星是在离地面不很高的上空运行的，在这种高度上，一方面空气已經很稀薄，几乎不阻碍衛星的运动，但另一方面对于防御最"快速的"小流星体又足够稠密，那末大气的上層也就足以使衛星防御一部分流星体了。这样的高度可以認为是200公里左右。虽然在这个高度上空气的密度只有地面空气密度的几千万分之一，但大部分的小流星体都窜不到这里来的。

可能，在下“星雨”的时候，也就是流星体整群整群地落到地球上来的时候，人造衛星必須暫时避入較稠密的大气層中(但是不能低于100公里)，靠大气来作一部分防御。为了克服空气的阻力，在这个时間內必須开动小的火箭發动机，还必須設法使衛星外壳不致过热。

有害輻射　我們知道，我們地球的大气層是地球上一切生物借以防御太陽有害輻射的可靠屏障，这种輻射被大气上層中以臭氧的形式而存在的氧所吸收掉了。

臭氧分布在同温層內，高度不一定，从16公里到50公里。因而，甚至飞得十分低的人造衛星也不免受到太陽紫外綫的作用。不过，最近利用高空火箭已經确定，太陽的紫外輻射比根据地面上的观測而推定的数值要弱得多。因此，宇宙飞行器的外壳可能就足以防御这种輻射了。再不然，可以在外壳的夾壁間灌上氧气，这層氧气將起大气中的氧一样的作用，自己变成臭氧，造成一个防御太陽紫外綫的屏障。

至于說到人造衛星或宇宙飞船上的舷窗，那末，大家都知道，甚至寻常的玻璃也能在很大程度上吸收紫外綫。

必須指出，少量的紫外綫对于人体的正常机能是不可缺少的(衛生学家認为，居室的窗子应当配上能透过紫外綫的玻璃)。

太陽光譜中也含有一些有害的X綫，但是在宇宙飞行器上要防御这种射綫并無任何困难，因为差不多一切建筑材料都很容易吸收X綫。

大气之外的空間里也有宇宙綫穿过(大部分被地球大气層擋住)，宇宙綫主要是由質子和甲种粒子(氫和氦的原子核)組成的。如果注意到，这些粒子具有接近于光速的速度，而且人造衛星每平方米表面积在10分鐘內要被一百万(也可

能几百万)个这样的弹丸击中，那就会明白，宇宙綫对于星际旅客是多么危險。但是不仅这种所謂原始宇宙綫对于人体是危險的。当宇宙綫射在飞船的外壳(或飞行服)上的时候，还产生所謂二次宇宙綫，就像宇宙綫射入地球大气層中时产生二次宇宙綫一样。

关于宇宙綫对于人体的影响，我們所知道的还很少。在实驗室里所做的这方面的实驗还处在萌芽狀态。从这一点看，美国所做的用同温層气球把小动物帶上30公里的高空停留約30小时的实驗是很有价值的。由于原始宇宙綫的伤害，黑鼠的皮膚上出現了比預料中大得多的白斑。而在另一些实驗中，甚至在經历24小时以后，也沒有發現任何症狀。試驗动物在实驗以后还应当長时間地仔細加以观察才是。

为了檢查宇宙綫对人体的作用，瑞士科学家埃依格斯特做了这样一个实驗。他把一小塊冷藏的人皮用火箭送上几十公里的高空，讓它受到宇宙綫的作用。在火箭降落回来以后，这塊人皮被接种在人身上，仍然成活了；由此可見，它并未失去生活能力。以后在美国也做过規模更大的类似的实驗。

但是宇宙綫对于長时間留在人造衛星或宇宙飞船上的人又將起怎样的作用呢？这个問題目前还悬而未决。

为了使人免受原始宇宙綫和二次宇宙綫的伤害，似乎可以用鉛板把人造衛星复盖起来。在超过100公里的高度上，2—4厘米厚的鉛層可以擋住35%的宇宙綫。但是即使要把薄得多的鉛板运到人造衛星上去也有許多想像不到的困难。

在原子热火箭上，星际旅客們还將有受到核子燃料的放射性輻射的危險。軌道火箭的某些部分可能具有人工放射性，它在發动机停止工作以后的長时間內都能对人体起有害的作用。因此必須設計防御这种有害輻射的特殊的(特别輕

的)防护屏障。

## 7. 宇宙飞行前的准备

开动發动机飞行的几分鐘对于宇宙火箭上的乘員們將是最緊張的时刻，因为这时如能在預定高度上达到必需的速度，同时具有准确的运动方向，那末整个說来，人造衛星就可以算是發射成功了。汽車司机、領航員或飞机駕駛員是随时都能校正汽車、輪船、飞机跟預定航綫的任何偏差的。可是跟駕駛地上的交通工具不同，宇宙火箭起飞时的控制將是非常困难的，这不仅由于駕駛員所感受到的重力增加了，而且还因为他的动作必須在一剎那間完成。

因此，星际飞行員应当接受适当的身体鍛煉就是十分自然的事了。对于重力的增加和消失，对于宇宙飞船中的低气压和剧烈的温度变化，他們都应具有較高的耐力。宇宙飞船的駕駛和其他各种操作不仅要求飞行員有專深的知識，而且还要机动灵活，事先受过严格的訓練。要实現宇宙飞行，生物学的因素——人、他的健康和耐力——所起的作用，也并不是毫不重要的。

在准备乘上宇宙火箭飞行之前，乘客們可以先在离心机上練習，离心机可以这样地旋轉，使它的离心力的增加就跟眞实情况下宇宙飞船火箭發动机的推力的增加一样。可是要在地上練習長时間忍受失重狀态却是完全不可能的。

星际飞行員的長期訓練，以及在与飞行时相似的实驗室情况下全面檢驗宇宙飞行器的各种設备，是实現住人的軌道火箭、星际火箭和人造衛星的必要步驟。这种准备工作可以在飞行器的模型內进行。例如，按照美国人阿米科的意見，宇宙飞行器的模型应当裝有科学測量用、監視用和其他用途

的仪器和設备，还应裝有預防事故的設备。应当把所有这些設备都开动起来，造成符合于"飞行"中各种物理条件的精确景象。模型的艙房应当跟已經設計好的宇宙火箭(或人造衛星)的艙房維妙維肖。在它里面应当造成相等的气压、相应的温度、加速度、照明、各种輻射等等。各种自动机械应当对規定的运动速度、飞行器对天穹的斜度、燃料箱和导管中的压力、燃料的消耗量等等进行調节。

在以極大速度进行假想飞行的时候，也將解决与保持預定軌道有关的各种导航問題。試驗裝置也应开动無綫电遙控系統。

要模拟开动發动机时的那一段有加速度的軌道，必須考慮重力和空气密度随着高度增加而减小的情况、空气阻力的变化和火箭質量的变化，特别是在連續抛弃各級輔助火箭时質量的变化。

在气压試驗室里，可以造成任何气压，反作用力也可以用离心力来代替，其余仿此；可是，比方說，要在实驗室情况下造成無重量狀态，却是不可能的。宇宙飞行器的模型無疑还將有其他一些缺点，因为对于宇宙旅客們在飞行中所將遭到的各种危險，像宇宙綫的照射、流星体的襲击等，很难如法泡制，而这些缺点是会使整个实驗归于徒劳的。

宇宙飞行員在"起飞"时間內执行任务时❶，应当穿上"反重力"保护衣(見第30頁)，以便檢驗在这种情况下能不能工作。乘員們不仅要能掌握宇宙火箭設备的正常維护系統，而且还要能够極其迅速地使用救生設备❷。

---

❶ 指在地面上的試驗而言。——譯者

❷ 使用救生設备的訓練是非常重要的；比方說，在航空上，飞行員的訓練中就包括訓練克服一切可能的不幸事件的一項，其实这种事件在20年的工作当中可能只發生一次。

应当試驗各种救生設备在下列各种場合的效用：由于流星体撞击而形成穿孔时，机壳受强热和严寒时，氧气設备、控制系統、連絡系統、电路網等發生故障时。

各种自动机械在飞行中是不是完好，將由飞行員經常加以监視，因此星际飞行員应当学会看仪表的讀数并且根据讀数来适当地进行調节。

宇宙飞行員在宇宙飞行器模型中的动作还要从外面进行监視和記录。这样就有可能分析他們所犯的錯誤。

在指导員的指导下，宇宙飞行員应当先掌握單項的操作（航行操作、救生操作等），只有在受过严格鍛煉以后，才进行控制"宇宙飞行器"——例如軌道火箭或人造衛星——的綜合試驗。宇宙飞行員这一次在飞行器模型艙房中的动作，已經不是由各个項目的指导員来监視，而是由各个不同專業的專家們一起来监視。

这样的行动計划不仅对于达到最后目的——合理地設計宇宙飞行器和培养为它服务的熟練干部——是必需的，而且对于这个部門的不断进步也是必需的。要知道，就說培养一个噴气式飞机的試飞員，通常也都要几年才行呢。

## 三、人造衛星的运行和观測

### 1. 人造衛星的运行

人造衛星跟飞机不同，它不能循着任意的航綫在地球上空飞行。比方說，我們絕对不可能讓人造衛星循着南北回归綫飞行（至于要讓它循着南極圈或北極圈飞行，那就更办不到了）；也不可能讓衛星循着折綫飞行；衛星从一个城市飞到另一个城市的时間，也不可能延長或縮短許多。

人造衛星只能循着圓形或橢圓形軌道飞行。此外，就跟同地平成斜角抛出去的物体一样，它只能在通过地心的平面內也就是在大圓平面內运行(圖14)。因此人造衛星也不能在地球的哪一条緯綫上空运行；唯一的例外是赤道，也就是零度緯綫。人造衛星的軌道平面对于天穹是保持不动的。

人造衛星的恒星时运轉周期　人造衛星的飞行高度决定着它的运动速度，因而也就决定着它圍繞地球运轉的周期長短。

假如沒有空气阻力，那末在地球表面附近以前述的每秒7,912米的速度發射出去的人造衛星，就会在1小时24分25秒后相对于天穹轉完一整圈，回到原先相对于各恒星和地心的位置上。这就是所謂恒星时运轉周期。

人造衛星进入軌道的地点越高，它的軌道就越長，而地球的引力就越弱。因而，离心力也就越小，而衛星的运动也就越慢。

人造衛星距离地球越远，它的运轉周期就越長。在等于地球半徑兩倍的高度上，恒星时运轉周期是7小时17分，当兩倍和三倍于这个高度时，周期就是15小时44分和1晝夜2小时3分。

圖14　人造衛星只能在通过地心的平面內运行。

衛星的运轉周期可以照如下的方式計算。知道了衛星的飞行高度和地球的半徑，我們就能确定圓形軌道的長度，也就是衛星在一个运轉周期內所走过的路程，然后再把这个結果用环繞速度去除。比方說，在6,378公里的高空中飞翔的衛星的軌

道半徑，等于12,756公里，而相应的圓周長就等于80,152公里。用每秒5.595公里的环繞速度去除这个数值，我們就得到14,327秒，即3小时58分47秒。

人造衛星相对于观测者的运轉周期　前面說过，在地球表面附近飞行的衛星的恒星时运轉周期，是1小时24分25秒。衛星相对于天穹或地極上的观测者的运轉周期就是这样的。但是如果衛星的軌道是在赤道平面上，而且衛星像地球那样也是从西向东轉的，那末等到衛星相对于天穹轉完了一整圈，赤道上的观测者就随着地球一起相对于天穹轉了一个頗大的角度，因此就在衛星前面很远的地方了。这样，要在5分16秒以后，衛星才能赶上观测者。

由此可見，所謂零度人造衛星相对于观测者的运轉周期是1小时29分41秒。过了这段时間，衛星就回到相对于观测者的原来位置上。換句話說，观测者就看見人造衛星在天空中相对于自己的原来位置上，比方說在天頂上。

假如衛星是在赤道平面內循着圓形軌道从东向西运行的，那末赤道上的观测者就好像是迎着它而运动似的。对于靠近地面从东向西运行的人造衛星来說，它相对于观测者的运轉周期就要比恒星时周期短4分11秒，也就是只有1小时19分44秒。

第一个和第二个人造衛星的运行　苏联第一个人造地球衛星是循着跟赤道面成65度傾斜角的軌道运行的。它的最大飞行高度达到900公里。

这个衛星的軌道是个不很扁的橢圓，它的長軸和短軸的長度相差不到0.25%。可見这几乎就是一个圓。可是这个"圓"的圓心却稍微偏离地心。

衛星的运轉周期起初是96分12秒，以后由于大气的阻力

(虽然非常小)，就越来越短。头三个星期內，运轉周期大致是每天縮短2.3秒，过了23天就成了95分18秒。这样，在这个时期內，衛星每晝夜的轉数就从 14.97 圈增加到了 15.11 圈。

随着运轉周期的縮短，軌道也就向里縮小。計算表明，在头18天內，長軸縮短了大約70公里(0.5%)。

衛星的軌道面不改变它对赤道面的斜度而緩慢地繞着地軸旋轉。衛星每轉一圈，它的軌道面就逆着地球自轉的方向轉过大約四分之一經度。

根据正式發表的資料，很容易算出，衛星在它头三个星期內的平均运行速度是每秒7.58公里。可是衛星在軌道上运行的速度不是固定不变的。衛星在北半球飞得低些，它的軌道速度就稍微大些；在南半球飞得最高，它的軌道速度就稍微小一些。

把衛星送上軌道的运載火箭，起初落在衛星的后面，因为把衛星从运載火箭中抛擲出去的推力，要稍微減緩火箭本身的运动。此外，运載火箭所受到的空气阻力要比衛星强。在發射人造衛星四天以后，运載火箭比衛星只落后 1,000 公里。到后来，运載火箭就赶上了而且超过了衛星。这是由于火箭的軌道运行速度减小了，这就使得軌道的長度也减小，于是运載火箭的运轉周期就变得比衛星的周期短。这样，火箭沿天穹移动的角速度就变得比衛星的角速度大，因此在地球上的观測者看来，运載火箭就赶过了衛星。

从运載火箭赶过衛星的那个时候起(即从 1957 年10月10日起)，火箭所走过的經度就比衛星偏东，也就是說截过同一条緯綫的点比衛星偏东，而交角就一天比一天大。因此許多人就产生这样一个問題：这兩个物体是不是在交角越来越

大的兩个平面內运行的呢？实际上这兩条軌道是在同一个平面內的。运載火箭在衛星以东通过，是由于地球的自轉和运載火箭走在衛星的前面。例如，1957年10月24日18点，运載火箭截过一定的緯綫繼續向前，总是在相对于恒星不动的平面內运行。在它后面运行的衛星过了1小时才到达同一条緯綫。但是在这段时間內地球繞着自己的軸向西轉过去了360°÷24(小时)＝15°。因而，衛星截过这条緯綫就在运載火箭截过緯綫的点以西15度。換句話說，尽管兩个人造天体是在同一个平面內运行的，运載火箭所走的經度却比衛星偏东15°。

第二个衛星运行的軌道比第一个人造衛星高，它离地球表面最远时是1,700公里左右，也就是比第一个人造衛星的軌道的远地点高800公里。第二个衛星轉一整圈的时間是1小时43.7分。这比第一个衛星开始运行时的运轉周期長7.5分。至于軌道对赤道面的傾斜角，却跟第一个衛星大致一样(65°)。

根据天体力学的定律，很容易算出，第二个衛星的近地点的高度跟第一个衛星开始运行时近地点的高度大致相同。因为第二个衛星的軌道的長軸大約長14,700公里，而运轉周期等于6,222秒，所以就得出第二个衛星的平均軌道速度等于每秒7.41公里。

第二个衛星存在于宇宙空間中的时間可能比第一个衛星長，它的运轉周期將只是很慢地縮短。因为在它所达到的那个高度上，实际上已經几乎感受不到空气的阻力。假如衛星的整个軌道都是在1,700公里的高度上，那末衛星的存在期就須以年計。可是衛星在近地点附近那一段路程上却要受到一点空气阻力，虽然这种阻力是非常小的。所以在这个因素

的影响下，衛星的速度还是要逐漸減小的。

## 2. 固定的人造衛星

由于各个天体都互相吸引，因此不能建立一个停在星际空間中不动的人造衛星，这样的衛星是必然会隕灭的。但是我們却可以建立这样一个衛星：它相对于各恒星是运动着的，但在地球上的观测者看来却是固定不动的。

事实上，前面已經說过，衛星环繞地球运轉的周期是随着衛星和地球間距离的增加而增加的。在265公里的高度上运行的衛星，环繞地球轉一圈要一小时半，而离地球40万公里左右的月球环繞地球轉一圈却要四个星期左右。显然也有这样一个距离，在这个距离上衛星运轉一圈將恰好是一晝夜。

除此以外，如果这个衛星又是在赤道面內从西向东运行的，那末它的角速度將等于地球自轉的角速度，这样，它在地球上的观测者看来就像是固定不动的。可以算出来，这样的衛星——我們將叫它做固定的人造衛星——应当建立在赤道上空35,800公里的高度上。誠然，月球的引力將对这个衛星的軌道起一些干扰，結果总有一天会破坏它的"固定性"，但是只要相应地校正軌道，就可以消除这种干扰。

为了能够更清楚地明了建立"固定不动的"人造衛星的可能性，我們可以假設在赤道上建立了一座35,800公里高的塔。攀着这座塔往上爬，爬得越高，离心力就越大(由于繞地軸旋轉的半徑增大了)，而地球的引力却相反地越来越小。到塔頂上，这兩个力就相等了。我們假設塔頂上有个吊籃。这时如果把塔拆掉，那末，从前面所說的可以知道，吊籃是不会落下来的。它將随着地球一起旋轉，它跟地球的距离也

將始終不变。吊籃在地球上的观测者看来將好像是不动的；也就是說，它成了地球的固定的人造衛星。

固定的人造衛星跟其他衛星比較起来也許会有許多优点。因为从这样的衛星上看来，整个地球就好像是不动似的，而且地球的視直徑比从地球看見的月球視直徑大40倍左右，而看見的盤面面积就大 1,600 倍。固定衛星上的乘客更容易利用定向無綫电波或光信号跟地球保持联系。而且乘客随时都可以飞上这个衛星去，不必等到衛星相对于起飞場成一定位置。

那些跨在赤道上的国家，像印度尼西亞、巴西、哥倫比亞等，就可以建立"不动"地悬在国土之上的衛星或在国土上空"搖蕩"的衛星(当軌道平面跟赤道平面成小角度时)。但如果是为了观测某一欧洲国家或整个欧洲的疆土而要建立一个天文观测衛星，那末这样的衛星也就必須能飞过其他国家和大陆的上空。

## 3. 人造衛星的观测

人造衛星的能見度不仅和它的大小、反射能力、观测距离等因素有关，而且也和它对天空背景的光綫对照有关。因此只有在黎明和黃昏的时候才能看見这个"星星"，因为这时候衛星受得到太陽光，而在进行观测的地面上却是黑暗的。水蒸汽和悬浮在大气中的灰塵会使衛星的能見度大大降低。而主要的困难是看得見它的时間很短。一天的黃昏时間可能比衛星对观测者的运轉周期長，因此有时可能在一个黃昏里先后兩次看見衛星，也就是說在看見衛星降落以后又看衛星升起。

为了使人造衛星的观测容易，也許可以在它的表面上塗

一層能發磷光的物質。从內部照亮衛星也可以达到同样的目的。

必須指出，当人造衛星上的無綫电設备不再工作的时候，就只能借光学观测和雷达观测来测定衛星的运行情况了。

由于人造衛星飞得很高，地球表面有很大一部分可以看到它的运行，而从衛星上也可以看見地球的很大一部分表面。

头兩个人造衛星很容易辨認出来，不会同天上其他發光的天体混淆，因为人造衛星在天空中是向北、东北、东和东南方向移动的，不像别的天体是向西(或西北、西南)方向移动的。这是因为头兩个人造衛星幷不是逆着地球自轉的方向發射的。

將来如果采用威力更大的火箭，就也可以把衛星向相反方向發射；这样一来，上述辨認人造衛星的特征也就随着消失了。

想要从地球上的不同点来观测人造衛星，幷沒有必要以不同的方向發射許多衛星。比方說，只要能够使衛星在北極上空出現一次，它自然也就会飞过南極的上空。以后这个衛星的軌道也是永远經过兩極上空的。我們假設有一个人造衛星在兩極上空287公里(赤道上空265公里)每晝夜繞地球轉16圈。衛星上的观测者从这个高度上看下来，就看見地球是一个很大的圓盤，占据天穹的很大一部分；这就好像看見了地球戴着的一頂直徑3,700公里的"瓜皮帽"似的。这頂"瓜皮帽"將不停地移动。在衛星轉一圈的时間內，地球就繞着自己的軸轉了十六分之一圈，于是"瓜皮帽"就在赤道上移动了40,000÷16＝2,500公里❶。这样，衛星在一晝夜里轉了16

❶ 40,000（公里）是地球赤道的約略長度。——譯者

圈以后，地球上的每个地方都要被观测者在白晝和黑夜中看到了。

对于地球上的观测者来說，在200公里的高空运行着的人造衛星通过天頂时的角速度(視速度)，就跟在7，130米的高空以每小时1，000公里的速度飞行着的飞机或在3，065米的高空以每小时500公里的速度飞行着的飞机一样。由此可見，要用眼睛追踪运动着的人造衛星是不难的。在200公里以上的高空中飞行的人造衛星的运动視速度將更小。而人造衛星通常正是在更大的高度上飞行的。

如果人造衛星不是在天頂，而是在接近地平綫的比較低的空中，那末它在天穹中运动的視速度就更小，而追踪它也就更容易。人造衛星在升起和降落时相对于观测者的运动速度最小。以后越升越高，衛星相对于观测者的角速度(衛星在天球上的視运动速度）就迅速增大，而且衛星的軌道越低，角速度就增加得越快(圖15）。比方說，如果赤道衛星的运行高度等于地球的半徑，那末它在天頂时相对于观测者的角运动速度就是在地平綫上时的兩倍。而在300公里的高度上运行着的赤道衛星在天頂时被观测到的角运动速度就是在水平綫上时的22倍了。人造衛星掠过观测者头上的天頂以后，它相对于观测者的运动速度就开始减小；等到快要落到地平綫下去的时候，它的角速度就降到它从地平綫上升起时的数值了。

衛星飞得越高，地球表面上能看見它的区域也就越广(圖16)。比方說，在200公里高度上飞行的衛星，可以从半徑1，500公里的区域內看見。而当飞行高度是1，000公里的时候，可以看見衛星的区域的半徑就增加一倍。

地球上一定地点能看到人造衛星的时間長短也和衛星的高度有关系：衛星飞得越高，这个时間也就越長。比方說，在

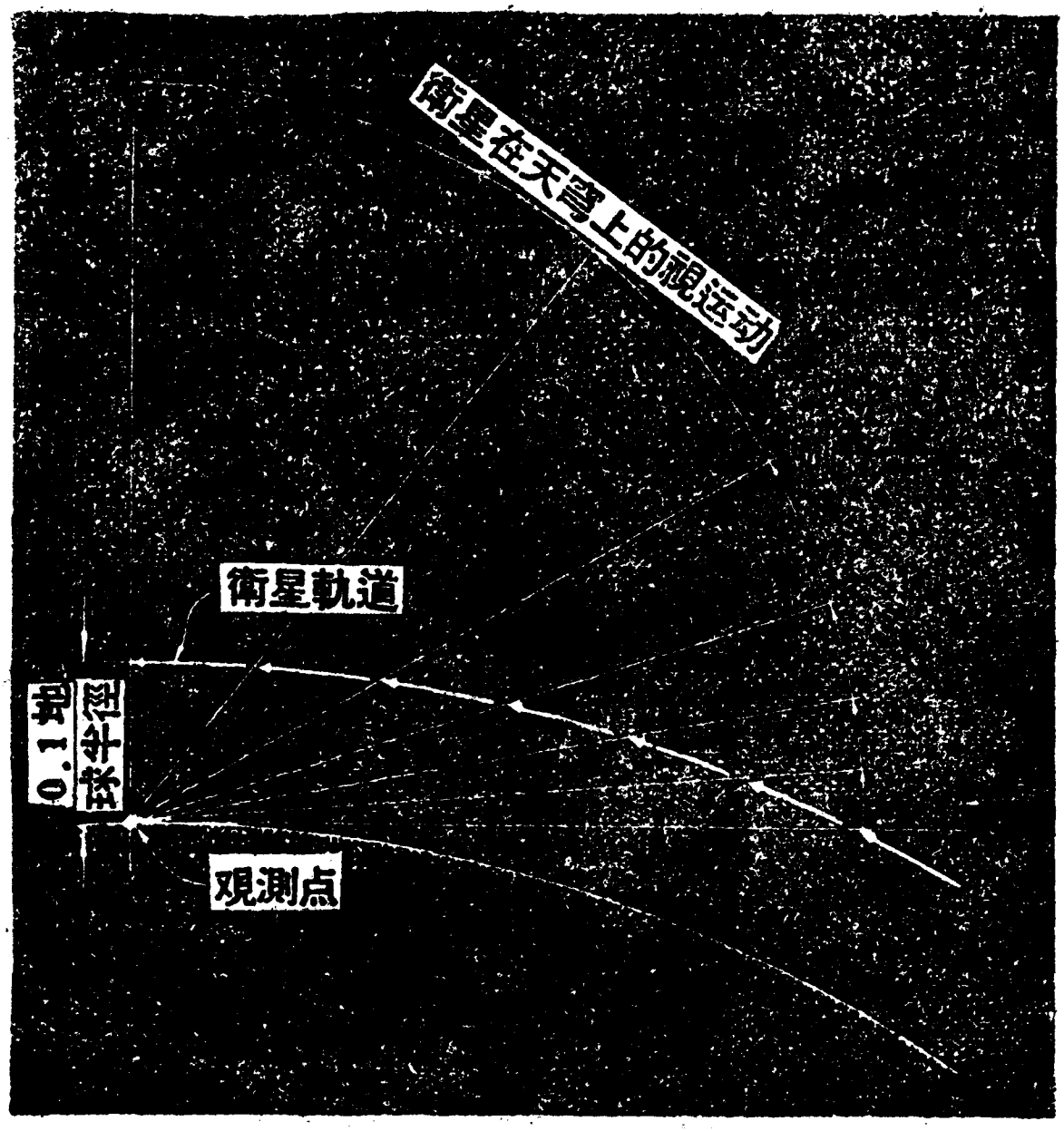


圖15　人造衛星升起时相对于观测者的运动速度最小。以后衛星越升越高，它相对于观测者的角速度也就是衛星在天球上的視运动速度就迅速增大。掠过观测者头上的天頂以后，人造衛星相对于观测者的运动就开始减慢，等到要落下去的时候，它的角速度就降到升起时的数值。

200公里高度上飞行的衛星，可以被看見 7 分鐘；在500公里高度上的可以看見11分鐘；在2,000公里高度上的可以看見28.5分鐘。

一旦被看見过一次的人造衛星以后会不会突然出現在某一任意地区的上空呢？不，这是不可能的。只要确定了衛星在某一时刻的位置，測定了它在这个时刻的速度和运行方向，就能計算出衛星在以后任何时刻的位置，因而可以預言它將要在什么时候飞过什么地区的上空。例如，可以知道，衛星会不

会再出現在这个地区的上空，如果会出現，又是在什么时候。在这种預測中，当然是假定衛星有火箭發动机帮助它保持运行方向和速度都不改变的。

同一个人造衛星飞过一个地方，可能有时是从南到北，有

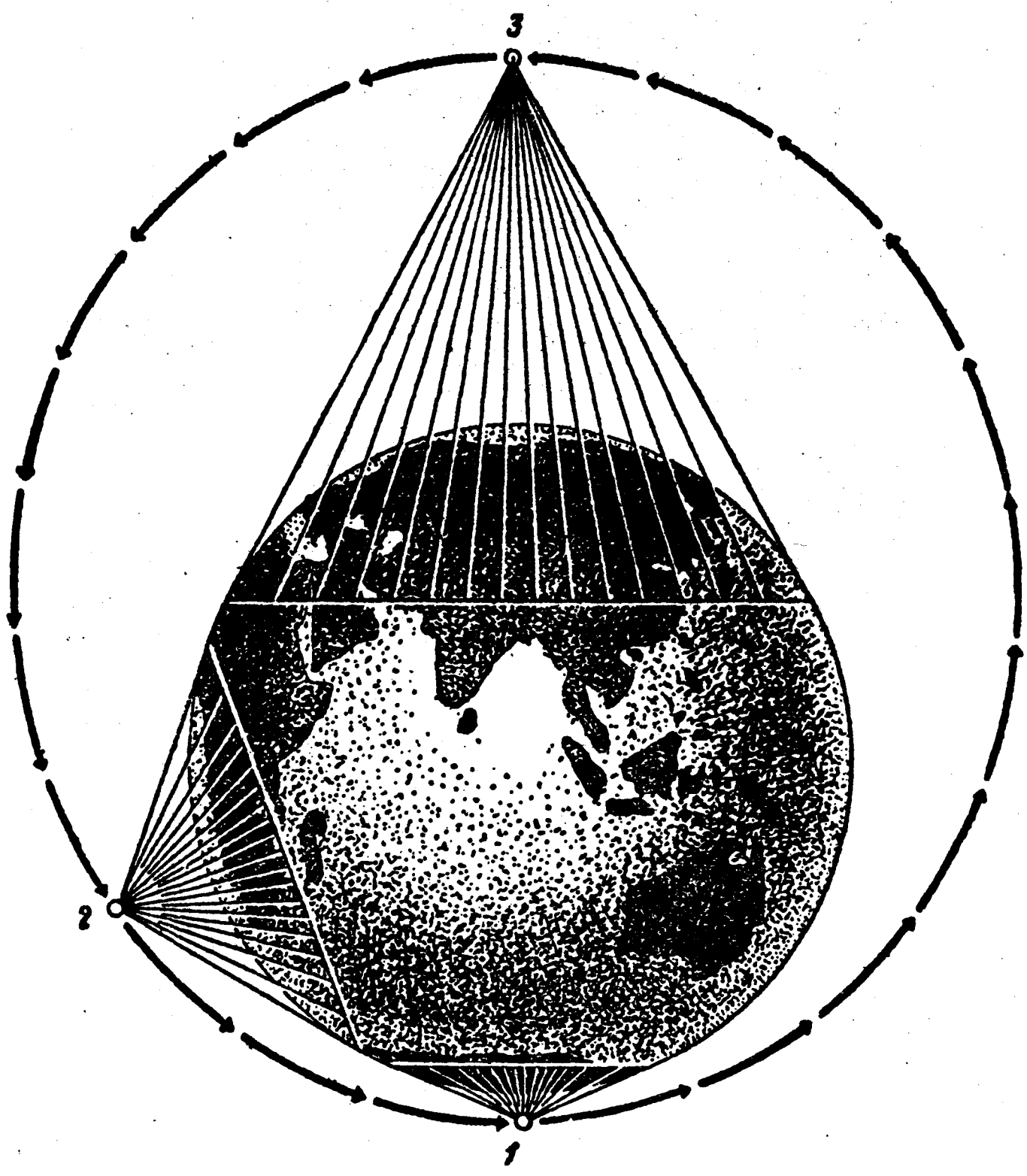


圖16　人造衛星飞得越高，地球上能看見飞的球截面的直徑就越大。当高度为500公里时，可以看見衛星的区域的直徑是4,900公里（1）；高度为2,000公里时，可以看見衛星的区域的直徑是9,000公里（2）；而当高度为7,000公里时，可見区的直徑就增加到13,700公里（3）。

时是从北到南，这并不是因为衛星突然改变了它在軌道上运行的方向——这是不可能的，——而是因为，如果在兩次观測的間隔內地球自轉了半圈，那末衛星通过天穹的方向就要反轉过来了。

第一个和第二个人造衛星的观測　由于头兩个人造衛星的軌道跟赤道平面所成的傾斜角很大，所以地球上差不多所有的大陆和水面都能被它們繞到（南北極圈以內以及南北極圈外狹狹的一个地帶除外），这个被繞到的地区占地球表面积的90%左右。

苏联第一个人造衛星的运行情况已經被地球上每一个角落記录下来了（表1）。衛星用肉眼看起来像五、六等星一样亮，运載火箭像一等星一样亮。

表1　苏联第一个人造衛星在世界各主要城市上空第一次出現的时間（1957年10月）

| 城　　市　　名 | 日 | 时 | 分 |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 阿尔及尔…… | 9 | 10 | 14 |
| 阿尔馬阿塔…… | 5 | 20 | 58 |
| 安卡拉…… | 10 | 22 | 37 |
| 南極洲（海岸）…… | 7 | 06 | — |
| 阿斯基努斯（阿拉斯加）…… | 10 | 18 | 03 |
| 雅典…… | 12 | 22 | 36 |
| 阿什哈巴德…… | 8 | 21 | 02 |
| 巴庫…… | 12 | 21 | 00 |
| 貝魯特…… | 13 | 06 | 59 |
| 貝尔格萊德…… | 8 | 00 | 14 |
| 柏林…… | 13 | 00 | 16 |
| 孟买…… | 6 | 07 | 03 |
| 布魯塞尔…… | 10 | 08 | 34 |

（續 表1）

| 城　　市　　名 | 日 | 时 | 分 |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 布达佩斯 | 10 | 00 | 18 |
| 布加勒斯特 | 13 | 06 | 55 |
| 布宜諾斯艾利斯 | 12 | 01 | 25 |
| 华沙 | 12 | 06 | 52 |
| 华盛頓 | 5 | 16 | 31 |
| 維尔紐斯 | 10 | 06 | 57 |
| 大馬士革 | 6 | 08 | 34 |
| 德里 | 8 | 19 | 24 |
| 雅加达 | 8 | 16 | 01 |
| 都伯林 | 13 | 08 | 29 |
| 埃里溫 | 6 | 22 | 36 |
| 喀布尔 | 6 | 20 | 58 |
| 开罗 | 8 | 22 | 35 |
| 加尔各答 | 5 | 19 | 16 |
| 喀拉蚩 | 5 | 20 | 54 |
| 基輔 | 7 | 00 | 15 |
| 哥本哈文 | 8 | 01 | 53 |
| 列宁格勒 | 6 | 06 | 49 |
| 里斯本 | 11 | 10 | 09 |
| 倫敦 | 6 | 10 | 05 |
| 馬德里 | 9 | 10 | 12 |
| 墨尔本 | 8 | 12 | 38 |
| 墨西哥 | 6 | 18 | 16 |
| 明斯克 | 10 | 00 | 19 |
| 莫斯科 | 5 | 01 | 46 |
| 紐約 | 7 | 06 | 36 |
| 奥斯陆 | 6 | 03 | 27 |
| 渥太华 | 8 | 14 | 57 |
| 巴黎 | 6 | 10 | 06 |
| 北京 | 7 | 17 | 49 |

（續 表1）

| 城　　市　　名 | 日 | 时 | 分 |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 布拉格…… | 6 | 01 | 49 |
| 平壤…… | 11 | 16 | 10 |
| 雷克雅維克…… | 12 | 05 | 07 |
| 里加…… | 6 | 01 | 51 |
| 罗馬…… | 6 | 10 | 09 |
| 里約热內盧…… | 8 | 15 | 18 |
| 伊斯坦布尔…… | 11 | 22 | 35 |
| 塔林…… | 8 | 06 | 59 |
| 塔什干…… | 7 | 21 | 01 |
| 德黑兰…… | 8 | 07 | 01 |
| 地拉那…… | 8 | 00 | 13 |
| 东京…… | 6 | 16 | 11 |
| 烏兰巴托…… | 5 | 19 | 23 |
| 伏龙芝…… | 6 | 21 | 01 |
| 河內…… | 7 | 17 | 43 |
| 赫尔辛基…… | 8 | 01 | 56 |
| 上海…… | 10 | 16 | 10 |

圖17　运載火箭在長时間曝光的照相底片上留下的軌迹（根据基謝列娃1957年10月10日在苏联科学院总天文台——普尔科沃天文台——攝得的照片繪制）。从照片上可以看出，运載火箭沿天穹的运动比恒星的晝夜运动快多少倍（比較綫条的長度）。軌迹中的断开处表示运載火箭在天穹中通过的某一时刻和时間長短。

圖17上所画的是第一个人造衛星的运載火箭在長时間曝光的照相底片上留下的軌迹。从照片上可以看出，运載火箭沿天穹的运动比恒星的晝夜运动快多少，因为它們各自的速度是跟它們在底片上留下的綫条長度成比例的(用来拍照的照相望远鏡保持不动)。从照片上还可以看出，运載火箭的运动跟恒星晝夜运动的方向成一个角度。运載火箭軌迹中的断开处表示它在天穹中通过的某一时刻和时間長短。

前面已經提到，第一个人造衛星是循着跟圓很相近的橢圓形軌道运轉的。可是由于地球的自轉，衛星在地球表面上的投影就是一条很复杂的曲綫。圖18上画出了衛星在轉一圈多一点的时間內在地球表面上的投影。在轉完一整圈以后，衛星就不是在原来那个地方的天頂上，而是在同一条緯綫上向西24度左右的另一点的天頂上了。(假如这个位移恰好等于24度，那末一晝夜以后就又可以在原来的地方看見衛星在同一个位置上了。可是实际上却是有一些偏离的。)圖19是衛星在一晝夜里的运行情况圖。从圖上可以看到，在衛星所繞經的地区之間，还有一些空白地帶，衛星始終沒有在这些地帶的天頂出現(但是在这些地帶上可以跟地平成一定角度看見衛星)。如果衛星能存在很久，它終归也会出現在这些地方的天頂的。在衛星剛飞上天空的头几天，就已經發現它的投影点跟前几天的有些偏移。而到1957年11月底，衛星已經轉了很多圈，所以它的軌迹的投影已經布滿在整个世界地圖上了。

当头兩个人造衛星發射出去以后，在苏联馬上就有66个光学观測站和26个無綫电观測站观測它們的运行情况。除此以外，还利用雷达机、無綫电定向器和其他設备来进行观測。最普遍的观測方式自然是無綫电观測，地球上各个角落的許

多無綫电爱好者都曾进行这种观测。

第一个和第二个人造衛星上都有兩部無綫电發射机，發射波長为7.5米和15米的無綫电波。这給無綫电爱好者們很大的方便，因为許多無綫电爱好者都是沒有接收波長極短的無綫电波的接收机的。衛星上的無綫电發射机所發出的信号跟电报信号相类似，每个信号的持續时間約为0.3秒，信号的間歇时間也一样。一种頻率的信号是在另一种頻率的信号的間歇时間內發射的。

衛星的無綫电信号可以在几千公里之外接收到，在特殊情形下甚至在10,000—15,000公里之外收到了。

第一个人造衛星上的無綫电發射机連續工作了三个星期以后，儲备的电能就用完了。以后对这个衛星和它的明亮得多的运載火箭的观测，主要是用光学方法来进行的。

为了發現衛星，备有光学仪器的观测者分成兩組：一組沿着子午綫进行观测，另一組在垂直于衛星視軌道的平面內进行观测。这样就構成了兩道"光学屏"❶。

事先計算出的衛星和运載火箭的位置每天在报上公布，以便于观测者进行观测。这样，观测者要在天穹中找到头一批人造天体，就可以事先把天文仪器对准"期待点"。光学观测站测量角度的誤差不超过一度。时間测量的精确度可达百分之一秒。

在衛星轉一整圈的时間內，地面上的观测点由于地球的自轉，就移动了1,100—2,600公里(看这个观测点是在65°緯綫上还是在赤道上而定)。然而就是当人造衛星只有200公里高的时候，可以看見它的地区的直徑就已經超过3,000公里了。所以某一个地方的观测者在看見衛星落下去大約一个半

❶ 意思是光学仪器所构成的壁壘。——譯者

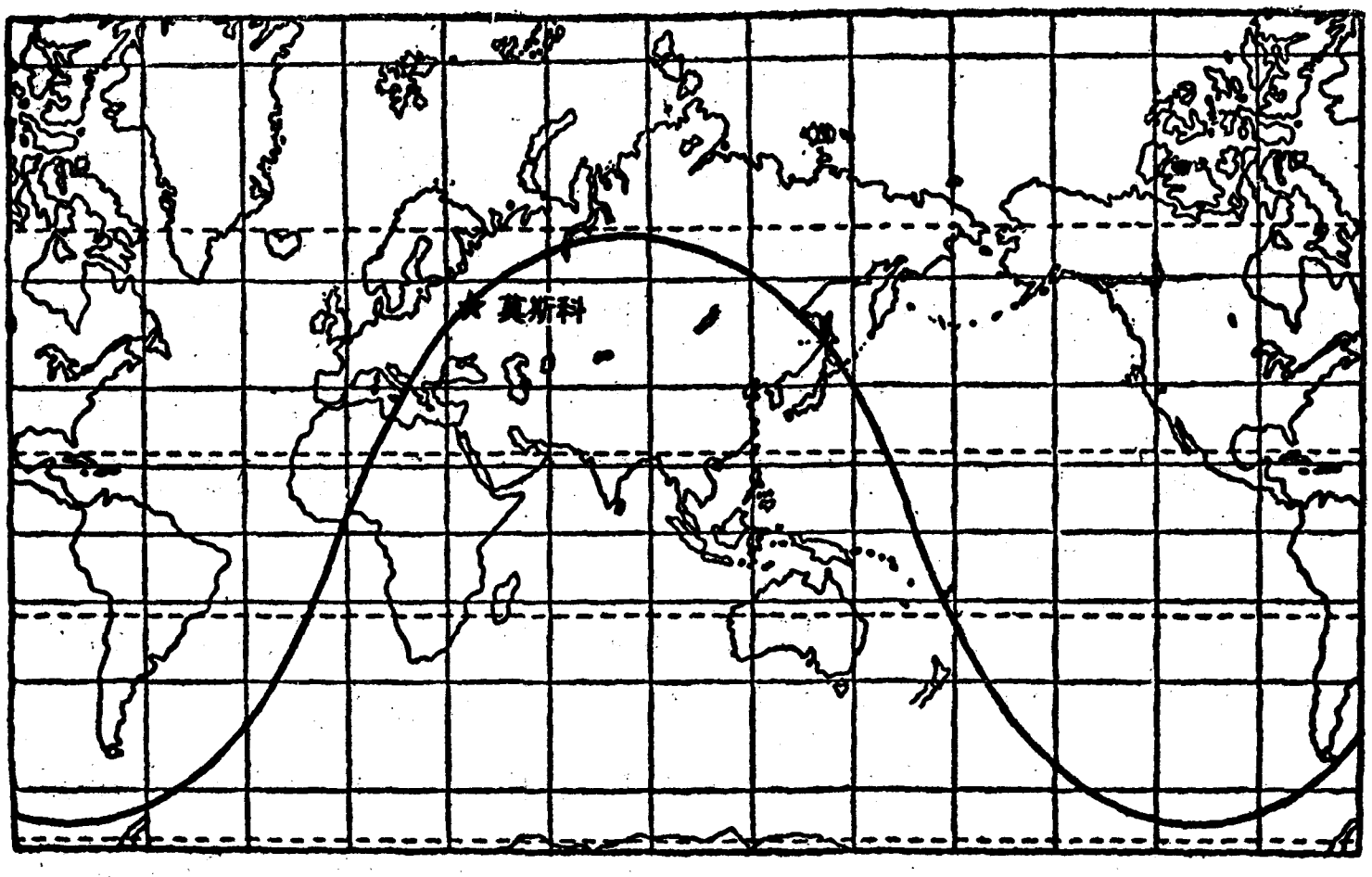


圖18　第一个人造衛星在环繞地球轉一圈多的时間內的运行路徑圖。

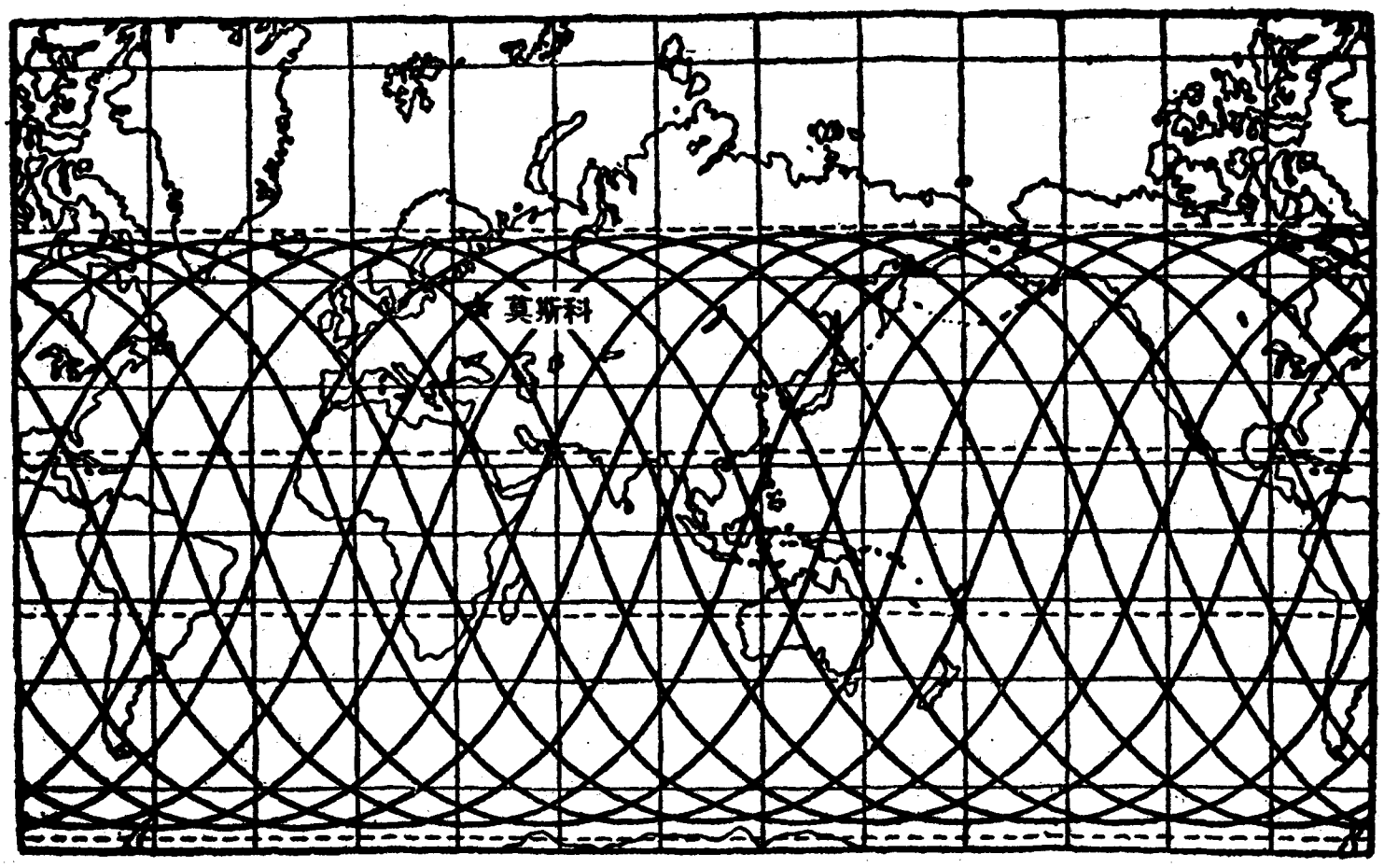


圖19　第一个人造衛星在一晝夜內的运行路徑圖。

小时以后，往往又看見衛星出現在自己的視場里了。

由于第二个衛星的运行軌道比第一个衛星高，能看見第二个衛星的地区的半徑也就加大了。从理論上說，在900公里高度上飞行的衛星可以从半徑为3,200公里(在大圓弧上量)的地区上观測到；而当衛星升到1,700公里高的时候，这个半徑就增加到4,200公里了。

前面提到过，第二个衛星的軌道对赤道平面的傾斜角跟第一个衛星是一样的。在某一时刻，兩条軌道在地球上的投影也是一样的。因此乍看起来会認为，兩个衛星的运行路徑圖是一样的。实际上这兩幅运行路徑圖是不同的，这是因为兩个衛星的运轉周期不同，所以地球自轉时就跟兩个衛星成不同的相对位置。

第二个衛星每晝夜轉13.9圈。因此如果假定衛星的軌道面相对于恒星保持不动的話，那末每轉完一圈以后，衛星跟地球各条緯綫的交点就向西移25.9度。可是我們知道，衛星的軌道面是相对于恒星慢慢旋轉的。因此衛星連續兩次截同一条緯綫的交点之間的距离大約是26.3度。

## 4. 从人造衛星上观測天体的运动

軌道火箭飞出大气層之外后，也就是說在起飞一兩分鐘后，天穹就不再像平常那样呈蔚藍色而变成黑色的了。在地球上，就是在背着太陽的地方，也不会有絕对的黑暗，因为太陽光在大气層中或多或少地起散射，总有一部分射到陰影区里去。宇宙空間中为某一个不發光的天体所遮蔽着的区域就不同了，这里几乎是滿天漆黑的。为大气層所散射的明亮的太陽光照不到这里的天穹，这里所能受到的只是恒星和星云的一些微光。星星不再閃爍，只要把眼睛避开太陽光的直

接作用，就随时都能清楚地看見它；否則眼睛适应了明亮的太陽光，就失去分辨星星的能力了。

从人造衛星上看見的天空跟从地面上看見的完全不一样。我們生活在北半球的人，眼睛看不見南半球的天穹的大部分，同样南半球的居民也看不見北天穹的大部分。可是在人造衛星上，不論它的运行方向怎样，在衛星的"一晝夜"(就是它环繞地球轉一圈的时間)內，总可以看到整个天穹。在衛星的一个恒星时晝夜內，人造衛星上的观測者就好像看見地球繞着衛星轉了一整圈似的。

如果衛星的軌道是圓形的，那末衛星上的人所看見的地球在天空中的运行將是匀速的。如果軌道是橢圓形的，那末由于衛星本身速度不均匀，而且衛星到地球的距离时时变化，衛星上的观測者就覚得地球在天空中的运行有时快，有时慢。

我們已經知道人造衛星环繞地球的軌道运动对从衛星上所見的天体視运动有影响。現在我們假設我們是在一个用自轉来造成人造重力的人造衛星上。在这种情况下，我們將看見天球是怎样运动的呢？首先我們会覚得，天穹連同地球、月亮、太陽和所有的恒星一起环繞衛星轉。天球这样轉一整圈的时間，將等于人造衛星繞其自轉軸轉一圈的时間，即几分鐘甚至不到一分鐘。

如果人造衛星的自轉軸是水平的，那末星际航行家將会覚得，地球有时候是从他們头上翻下来，有时候是从他們脚下溜过去。如果衛星的自轉軸在某一时刻跟地球的自轉軸重合❶，那末衛星上的人就会覚得，地球好像以不可思議的速

❶ 既然人造衛星不可能"停住"，在地極上空的这种重合只能是一瞬間的事。

度(比实际速度大几百倍)繞着地軸旋轉似的，同时太陽和所有的恒星也好像以同样大的速度环繞地球旋轉似的。看人造衛星的自轉方向怎样，地球的这种旋轉可能是由西向东也可能是由东向西的。

如果人造衛星的自轉軸(我們知道，这条軸必須通过衛星的質量中心)不跟地軸重合，但是仍然通过地球中心，那末在衛星上就会覚得，地球不是繞着眞正的地軸自轉，而好像是繞着衛星的軸自轉似的。星际航行家会覚得，地極是地面上看見人造衛星在天頂的那一点。因而，在环繞地球运行的星际航行家們看来，这个假地極是移动着的。但是在地球繞这条"軸""自轉"一周的时間內，这条"軸"只能移动很少一点。

在特殊情况下，地球的視自轉極也可能不动。如果有一个"固定不动"的人造衛星繞着通过衛星質量中心和地心的軸自轉，那末从这个衛星上看地球，就看到上述的情形。这样的視地極，比方說，可以是非洲赤道地帶上布滿芭蕉园和咖啡树的怯尼亞大山。在这种情况下，在地球外的観測者看来，北極圈內的科拉半島和赤道上的苏門答臘將在同一条視緯綫上。

由此可見，人造衛星上的星际航行家們，想要掌握宇宙航行的技巧和运用实用天文学的知識来校正衛星的軌道等等，还得作一定的努力呢。

还須指出，关于天体对自动人造衛星的相对运动的資料，在分析这些飞行天文台上的測量仪器所得到的結果时，也是有用的。

## 5. 人造衛星上的晝夜和四季

当人們繼自动的宇宙偵察器❶之后飞入宇宙而成了一种

❶ 宇宙偵察器指火箭。——譯者

新天体——人造地球衛星——上的居民的时候，他們就会看見許多不習慣的事物：天穹的运动將是另一个样子，季节的变化將是很别致的，其他一些現象也是很奇怪的。

人造衛星上也和地球上一样有晝夜的交替。但是这里的晝和夜不像地球上的晝和夜。因为在地球的一晝夜內，人造衛星繞地球运轉可以达到16圈(这个数目随着运行高度而变化)，所以衛星上的晝和夜也就互相更替这么多次。衛星上的夜是一种日蝕，就是地球把太陽遮住了。衛星进入地球的陰影里，而这个陰影只遮住衛星軌道的小部分，因此衛星上的夜总是比晝短(圖20)。例如，在1恒星时晝夜內轉16圈的人造衛星，它的一晝夜是1小时29分45秒，而最長的"冬"夜只有37分鐘。

在人造衛星上，也和在地球上一样，黑夜来临之前先有

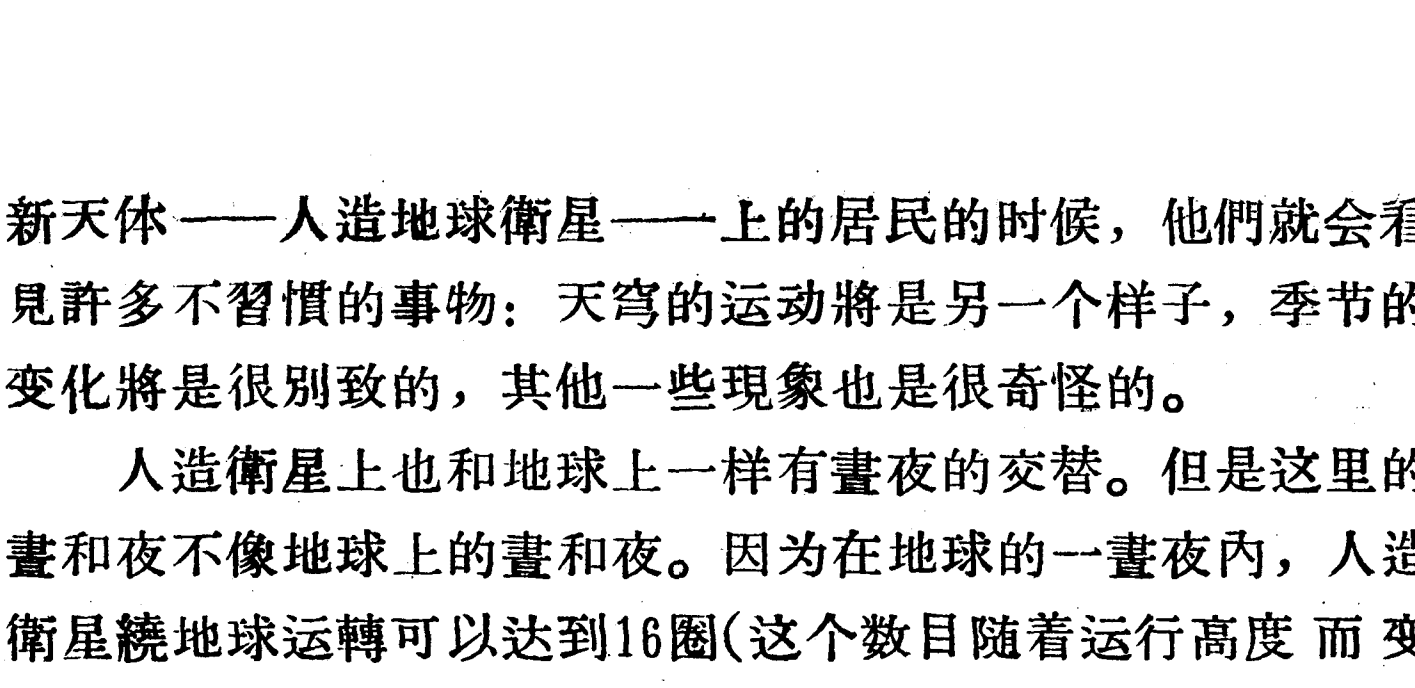


圖20　人造地球衛星上的黎明、白晝、黃昏和黑夜。α是衛星的軌道面对太阳光方向的傾斜角。

黃昏，白晝来临之前先有黎明(圖20)。但是引起衛星上的黃昏和黎明的原因跟地球上的完全不同：在地球上，是由于光

被大气的上層所散射；而在衛星上，却是由于衛星通过地球的半影。人造衛星先进入地球的半影內，然后才沒入地球的本影中。地球本影的直徑向后越来越小，最后就等于零；而地球半影的直徑却不断增大。衛星上在黑夜的时候完全看不見太陽，但在黎明和黃昏的时候却可以看見太陽的一部分。

我們每次看見日出和日落的奇观都要贊賞不絕。造成这种奇观的原因是太陽光通过很厚的空气層。在人造衛星上观看日出和日落时，地球大气層的影响却要更强，因为太陽光在射入观察者的眼睛以前，要走兩倍的路程穿过地球大气層。

人造衛星上也有自己的四季；像地球上一样，四季的划分随晝夜長短的变化而定。但是人造衛星上晝夜長短变化的原因跟地球上的不同。在地球上，一年中晝夜長短的变化是地軸对黃道的傾斜角所造成的；而在人造衛星上，四季中晝夜長短的变化是因衛星落在地球陰影內的时間長短不同而造成的。衛星上的所謂冬季就是黑夜最長的时期，夏季就是白晝最長的时期。

衛星历的整个日程所以能够确定，是因为它的圓形軌道永远在一个相对于恒星不动的平面上。我們就拿在地極上空210公里飞行的人造衛星来做例子。这个衛星的軌道面和地軸一样跟黃道成66°33′的傾斜角。假設在秋分的时候这个平面跟太陽光綫平行。在衛星落入地球陰影的那个时刻，夜就来到了衛星上。这將發生在衛星經过北極上空以后4分鐘，而在这4分鐘以內，虽然衛星下面的地球表面已被黑夜吞沒了，衛星却还会受到太陽光。等到太陽在衛星上升起来的时候，衛星下面的地球表面仍然在陰影中，这种情况也要繼續4分鐘，直到衛星达到南極上空为止。这样，衛星上白晝就

比黑夜長 4 × 4 ＝16分鐘，而白晝的总長就是52分鐘。这时候衛星上的夜是最長的，因此衛星上正是冬季。❶

上面所說的这个衛星在 6 月和12月正当盛夏，而在 3 月和 9 月底則正当隆冬。因此地球上过去一年，衛星上却已經兩易寒暑了。

关于人造衛星上的晝夜長短和四季变化的知識，对于从地球上观测人造衛星和利用裝在衛星上的仪器来研究太阳輻射的工作，是具有重要意义的。

## 四、人造衛星的利用

### 1． 飞行天文台和飞行实驗室

利用高空火箭来进行研究，不論在时間上或空間上都要受到限制(时間上只有几分鐘)，而利用人造衛星却可以在長时間內研究無限的空間。这样看来，人造衛星是兼有能够長时間停留在空中的气球和能够上升得非常高的火箭的优点的。

人造衛星首先可以作为观测地球表面的飞行天文台。在人造衛星上可以裝上各种精密仪器，自动观测在大气上層和宇宙中發生的各种自然現象。这些自动仪器將把自己的測量結果記录下来，再借無綫电發送到地球上来。到那时候，我們关于宇宙空間的知識就將为許多資料所丰富，这些資料現在利用裝在高空火箭中的仪器是得不到的。

苏联的第二个人造衛星正是一个这样的飞行实驗室。

---

❶ 在冬至和夏至前后，太阳光綫和这个衛星的軌道平面的交角最大，这时，衛星全天都晒到阳光，相当于地球上的白夜。第二个苏联衛星在二月底到三月初，就有半个月的白夜。——譯本出版者。

地球的研究　从200公里高的人造衛星上用放大率为15倍的棱鏡式双筒望远鏡可以看見地面上直徑4米大的物体。可是由于衛星是迅速运动着，所見的像必須用專門的設备記录下来。而且要分辨地面上近地平綫处的詳細情况也是很困难的。

人們將在人造衛星上第一次看見悬在空中的地球。可是我們今天早已知道，从人造衛星的飞行高度上所看到的地球是什么样子的。圖21是根据从火箭上攝得的照片复制的，它表示从225公里的高度上所看到的一塊地面的情况。由于攝影要穿过差不多整个大气層，所以采用了紅外綫濾光器。圖上反映出了地球表面上的不同地形、堆积的云塊、地平綫上的大气層和地球的凸形。飞行天文台上的观測者大致也將看到同样的情形。

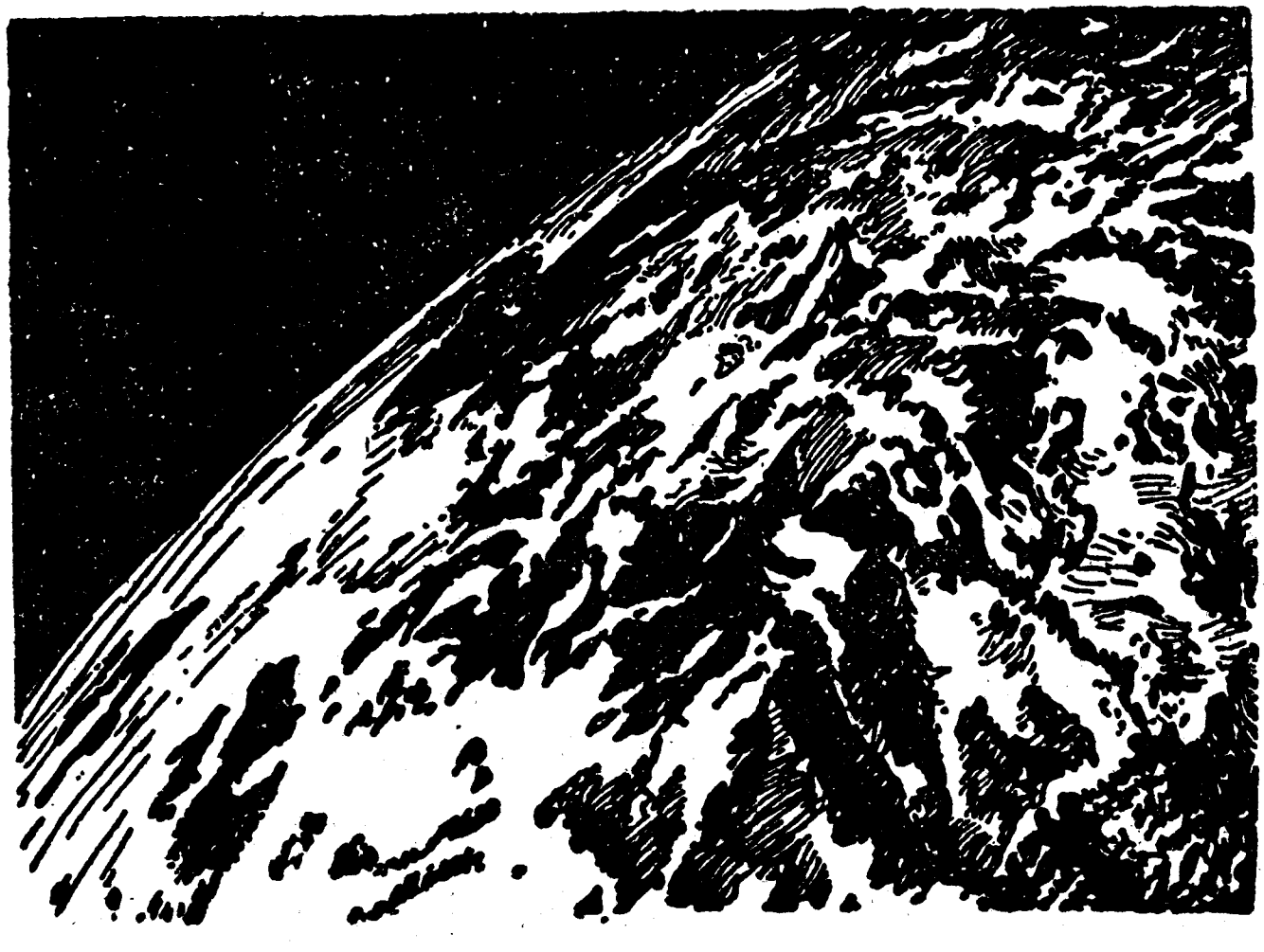

圖21　从225公里的高空所見的地面。

目前地球上所有的陆地只有7%是編制过很精密的地圖的。然而从人造衛星上用攝影的方法就不难給那些为人們很难达到的地方編制地圖，并且把旧有的地圖加以修正，把那些由于修建飞机場、道路、水壩等而引起的地形变化补充进去。不过，要达到这个目的，就需要使攝过影的膠片能够安然無恙地自动落回地球上来，可是目前还不知道怎样来解决这个問題。

衛星飞得越高，为編制整个地球的地圖所需进行的空中攝影的数量就越少。一个在几千公里左右的高度上运行的衛星，不消12个鐘头的日照时間，就可以把整个地球表面攝影完了。

誠然，总有很多地方是会被云遮住的，但是在这种情况下可以用看不見的紅外綫来进行攝影，也可以利用雷达設备来进行攝影。不过即便是晴空万里，空气也还是很渾濁的。虽說如此，从人造衛星上攝得的地面照片还是很准确的，而且用望远鏡观测时大气層所引起的失眞，实际上是几乎無妨于事的，就像我們把一張蠟紙攤在書頁上仍旧很容易讀出書上的文句一样，而如果把蠟紙放在眼前就連字母的輪廓也完全看不見了。必須指出，在大气之外的空間里有宇宙綫和X綫，这会使得我們从人造衛星上进行攝影的技术大为复杂，因为寻常的暗匣不能保护底片，以致底片在使用前就失效了。

裝在人造地球(或月球)衛星上的电視發射机，可以把从衛星軌道高度所見的地球(或月球)表面的普通像或立体像，傳送給各观测站。如果是要傳送立体像，由于人造衛星上地位有限，兩架电視攝像机就要裝在兩个衛星上，而且这兩个衛星的距离应当經常差不多不改变。(也可以設法把裝在一个

衛星上的一架攝像机在不同时間攝得的像进行比較，从而得到地球表面的立体照片。）

利用人造衛星还可以测量地球的輻射和反照率❶。反照率的变动范圍很大，这主要是由于地球云層的厚度經常变化。从人造衛星上將不难测定不同緯度和不同季节的反照率。

有的專家認为，只要精确地观测甚至最小的人造衛星的运行情况，也就有可能进行各种测量，例如地球(特别是水面)的三角测量❷、大陆間的距离测量等。比方說，利用人造衛星可以测量大西洋的寬度，使精确度达到30米。这样，利用人造衛星就可以最后地証实或推翻大陆相对移动的假說。

我們知道，洋面的下陷(眞正的水面高度比理論值低)可以达到几百米。也有理由認为，地球本身的形狀經常在变化。所有这些变化都可以从天文观测衛星上观测出来。

虽然在北極上空經常有飞机观测着北極海洋中冰塊的运动，虽然在大森林上空經常有森林防火队的偵察机在巡邏，但是从人造衛星上进行这样的观测会更有效得多。裝在衛星上的仪器將向航海者預告冰堆的所在。一切較大的冰山都將被"注册"，不会再成为輪船跟冰山相撞而沉沒的原因了。飞行天文台將向地球报告大森林腹地所發生的火灾，精确指示起火的地方究竟在哪里。

人造衛星也可能用来做救护巡邏工作，用来偵察海面上的設雷地帶，等等。將来也可能找到預告魚群行踪的方法。从人造衛星上將能测定沉船和出了事故的飞机的位置，也許

---

❶ 反照率是表明一个行星(或衛星)能把它从太阳获得的光的多大一部分反射回去的百分率。

❷ 三角测量就是构成一系列的三角形来测量地面的方法。

还能测定失踪了的探險队的位置。

有人認为，將来可以利用人造衛星进行海洋学、冰川学和地震学方面的研究。比方說，冰川学家就希望从人造衛星上进行观测以証实这样一个假說，就是說地球气候的变化是逐漸趋向温暖的，因而地球上的冰層是慢慢地融化着的。

大气層的研究　人造衛星將在气象观测中起作用。它們可以用来探测云塊的分布和移动，测定地球云層的特性，测定热空气团和冷空气团的边界和暴風雨的分布。目前就是在占地球表面积30%以下的陆地上，也感到气象台太少，比方說，几万个气象台不但沒有办法編出地球广大水面的云層总圖，甚至沒有办法編出各大陆上空的云層总圖。根据專家們的意見，从人造衛星的高度上测定大云塊的运动仍將很困难，因为在进行测定时必須知道各大陆的輪廓，然而这輪廓本身却不能透过云層看見。因此就很难确定在衛星轉一圈的时間內大云塊移动了多少，它們的大小变化了多少。

大气上層的密度也可以利用人造衛星、甚至不装备有任何設备的人造衛星来間接测定。为了达到这个目的，只要用光学方法或雷达方法来观测这个衛星的运行情况和空气使它减速的程度就可以了。

衛星可以定时地放出鈉蒸汽，鈉蒸汽受到太陽光照射，就明亮地發光。根据鈉蒸汽扩展的情况，將能判断大气上層的温度；而鈉"云"弯曲的情况將成为判定那个高度上的風速的根据。

就跟气象台有相应的設备就可以在远距离外测量各种气象因素(所謂遙测气象台)一样，利用人造衛星也可以测定不同高度上的温度、压力和空气密度。例如，利用飞过地極的衛星就可以迅速测定表明沿子午綫一定高度上大气狀态的各

个参数和其他資料。

苏联的第一个人造衛星曾把有关它本身的温度的資料和其他一些資料傳送到地球上来，傳送的方法是稍微改变一下信号的持續时間和信号間的間歇时間(本来信号的持續时間和間歇时間都是0.3秒)。

从上面所說的可以知道，人造衛星对于正确的天气預报將具有多么重大的意义。

現在已經弄清楚，高空中的地球大气是会發光的。白天，甚至在120公里的高度上，天穹也不是黑色的。在这个高度上，天空所發的光是正下方海平面上的相应值的4%。天空的發光現象在夜里也不停止。

从环繞地球运轉的人造衛星上，將可以研究地球大气本身的輻射随着季节和地理位置而变化的情形。

电离層和無綫电波傳播的研究　利用人造衛星將可研究大气在不同高度上的电离情况(离子和电子分布的情况)，这特别是对于無綫电通信情况的預报將有很大益处。

由于人造衛星和地面無綫电接收台之間的距离經常变化，它們之間的空气層就有时厚些有时薄些，分布在無綫电發射机和無綫电接收机之間的离子也就有时多些有时少些。因此，从人造衛星相对于接收台的不同位置上收得的無綫电信号的性質也随时变化。根据这种情况，也就可以判断电离層的狀态。

船舶上的無綫电台作用半徑比較小，但是它利用人造衛星就可以跟地球各地保持联系，因为人造衛星是每天都可以出現在地平綫之上的。还須指出，这样的联系也可以借光信号来实現，当光信号是向上發射的时候，它們穿过大气層就容易得多，因为这样它們在吸收介質中所走的路程就縮短

了。

人造衛星也可以用来把超短波例如电視信号轉播到远处去。不过，由于設备很复杂，而且需要强大的电源設备，开头还不能考虑这样的应用，但是將来人造衛星是很有可能用来把电視节目从一个大陆轉播給另一个大陆的。

地磁場的研究　我們地球的磁場在地面附近的情况，已經研究得很清楚了，这些研究結果早就在航海、航空、測量和其他方面得到了应用。地磁場是由兩部分相加而成的：一部分是地球內部的磁源所造成的恒定磁場，另一部分是电离層和大气外空間中的环流电流所造成的变变磁場。地磁場的周期性的平稳波动有以一晝夜为期的，有以27天为期的(与太陽自轉的周期有关)，有以1年为期的，有以11年为期的(与太陽活动性的周期有关)，也有以100年为期的。另外还發現地磁場有陡然的波动(磁暴)。据推測，地磁場对环繞着地球运动的帶电粒子要起偏轉作用。另一方面，人們又認为，由于从太陽来的帶电粒子射入大气層中，地磁場就产生波动。

利用人造衛星特别是沿橢圓形軌道运轉的人造衛星，就可以对地球周圍的空間进行磁力測量，并研究磁力异常現象——一个地方的地磁場强度跟該地的平均值("正常"值)有偏差——的原因。將来也可以研究非常高的空中所产生的电流对地磁場的影响，研究宇宙綫强度的变化对磁暴經过情况的影响，等等。利用人造衛星来研究地磁場，这將不仅具有科学价值，而且也具有实用价值。比方說，根据这样的研究，就可以發現矿層，并确定其儲藏量。

生物学上的研究　从研究星际航行的远景的观点来說，人造衛星很有用处。在人造衛星上將可以研究重量消失現象对各种生理作用和心理作用的影响，还可以研究宇宙綫、太

陽輻射和其他輻射对沒有地球大气保护的生物体的作用。在苏联的第二个人造衛星上已經进行过这样的实驗。將来还可以在人造衛星上檢驗齐奧尔科夫斯基的推想对不对，因为他說在無重力情况下，从最簡單的到最复杂的植物和动物生長和發育都將比在有重力情况下快得多。

流星体、小流星体和“宇宙塵” 据推測，小流星体对于电离層的狀态有一定的影响，因而对無綫电波的傳播也有一定影响。

將来在衛星上不但可以安置小流星体計数器，而且还可以确定这种微粒在不同緯度上的分布、脉动和电荷。小流星体穿入衛星外壳內的响声可以用裝在衛星上的晶体微音器❶变換成电流，放大以后再变成無綫电信号傳送到地球上来。

人造衛星的抛得很光的外壳由于不断受到小流星体的撞击，將逐漸失去光澤。这种現象对于小流星体特性的研究也可能有很大的帮助。也可以在衛星的外壳上塗一層放射性物質，再用远距离測量法測量衛星的放射性，根据放射性强度逐漸减小的情况来判断放射性物質層被流星塵和小流星体擦損的情况。

人造衛星可以做成完全密閉的，并且在發射前充上高压气体。这样一来，衛星就可以具有必需的剛度来应付發射时所产生的巨大的重量增加。而在依靠慣性飞行的时候，气体压力如果降低，就間接說明衛星外壳被流星体打穿了。看衛星在失事前飞行了多長时間，就可以知道衛星被流星体击中的可能性有多大，而气压降低的速度就間接說明流星体的大小和运行速度。

在人造衛星上看見的流星，不是以天穹为背景，而是以

❶ 微音器就是麦克風。——譯者

沉睡在黑夜中的地球为背景。可能，观测流星的这种新环境会扩充研究流星的可能性。我們利用衛星也許可以收集到流星塵的样品并且查明它对气候的影响。

在星际空間中也常有"宇宙塵"。有时就在地球表面上也可以發現它。人造衛星也能用来研究宇宙塵。宇宙塵微粒实际上几乎不会妨碍人造衛星的运行。

人造流星　从人造衛星上可以投射出一定形狀和一定成分的人造流星，这对于研究天然流星和宇宙飞船借大气来減速的可能性將提供丰富的資料。在200—1,000公里高度上运轉的人造衛星，只要以每秒50—250米的速度(方向跟人造衛星的运动方向相反)發射出一个人造流星，就能使它以每秒 8 公里左右的速度冲入大气層中。这样做还有一个非常重要的收获，就是說每投射出一个人造流星，不但可以知道流星冲入大气層的速度，而且还可以知道它从發射出的时刻起到冲入大气層为止中間所走的路徑。所有这些資料和發射流星的时間都將事先通知地上的各天文台。以前已經有人尝試过从高空火箭中投射出小金屬球，使它們成为人造流星，再用照相法記录流星所經过的途徑。

天文观测　在大气范圍之外研究極光和黃道光❶更为方便，因为在地球上观测，大气上層本身所發的光就会使这些現象的眞实景象失眞。也可能在人造衛星上詳細研究所謂"地球的气尾"，即地球近于背向太陽一边的大气最上層的長突起部分。

就是在夜間，利用照相望远鏡来給非常微弱的天体攝影也要受到大气的妨碍，至于在白天，地球的大气圈就使得星

❶ 黃道光是夜間在天空背景上看見的圓錐形弱光，在黃道十二宮区域內每年有一定时間在日出或日落前可以見到。

空的观测完全不可能了。但是在人造衛星的飞行高度上，大气已經不再造成失眞。这就为天文观测造成了特别有利的条件。不閃爍的星星不論是观测或照相都要容易得多。在这种情况下就可以攝得任何放大倍数的行星及其衛星的照片，而在地面上，由于大气所引起的光"渦流"，天文台要得到一千倍的放大率就已經很困难了。除此以外，在人造衛星上利用光学方法进行天文观测也不会受气候变化的影响。

無綫电天文学的內容也將大为扩充，因为許多从宇宙空間射出来而达不到地面上的無綫电射綫，將能在射入大气層以前被接收下来。

將来人造衛星可以裝上电視發射机的全套电子設备；这样，在地球上的观测者就可以利用裝在衛星上的望远鏡来"观看"天空。

人造衛星將也能用来研究大气外空間中的宇宙綫，比方說用来测定宇宙綫中鋰、鈹、硼等元素的原子核含有多少。研究宇宙綫和它所造成的电离的强度随时間、高度和地理位置的变化，也有重大的意义。

所需軌道的选定　从前面所說的可以知道，人造衛星將会得到各种不同的应用。可是要研究不同的現象，显然就要利用循着特地选定的軌道运行的衛星。比方說，在赤道上空运行的衛星不适于用来研究極光，而飞过地極的衛星就不适于用来研究黃道光，这些都是很明显的。

不等高的人造衛星將有特殊的应用。这类衛星循着橢圓形軌道运行，有时上升到較稀薄的电离層里，有时下降到較密实的空气層里。这样就能在不同的高度上进行观测；到那时候，我們現在关于太陽輻射、不同高度上的大气成分、臭氧分布、地磁場和电离層風暴等的知識中的許多空白，就可以

填滿了。

南半球的陆地少而水面多。因此如果这样来选定人造衛星的軌道，使它停留在北半球上空的时間長，停留在南半球上空的时間短，那就很有好处。要做到这一点，可以把軌道北部加長，并相应地使衛星在这一段路程上的运行速度減小。換句話說，必須使衛星具有橢圓形的軌道，而且近地点在南半球上空。这样，軌道的远地点越高，衛星在南半球上空停留的时間就越短，在北半球上空停留的时間就越長。

展望未来　以上所列举的問題，有許多不过剛开始研究，还需要人們多年的努力才能解决。

毫無疑問，今后利用人造衛星，將会發現我們現在甚至猜都猜想不到的許多現象。

以上所列举的各种研究要全部实現，显然需要很多年。因此在头几年里，人造衛星將用来研究較狹范圍內的問題。

## 2. 把人造衛星作为星际航行站

从星际航行学的观点来說，利用人造衛星作为星际航行站具有極其重大的意义。

要到达我們最近的天空鄰居——月球、金星、火星，星际航船在起飞的时候就要加速到比声速大三十多倍的速度。建造这样的航船不是現代技术所能办得到的。为了使这个問題容易解决，可以利用人造地球衛星作为一种換乘站，把宇宙旅行分作几段来进行；齐奧尔科夫斯基在上一世紀的90年代就曾提出了这样的主張。

在地球上，車、船、飞机在車站、港口、飞机場上停下来，就可以加煤、加水、加油，乘客們就可以补充粮食儲备。有时候列車就可以換上另一台机車来拉，飞机乘客就可以換到另

一架飞机上去。为了飞入宇宙空間，星际航行站的設置也將具有类似的作用。这样的航行站可以被人們用作进一步深入宇宙空間的跳板。星际航行家們可以在这里配备为繼續完成漫長的宇宙航行所需的一切：燃料(星际航船从地面起飞时不可能帶足)、裝备、粮食等等。

宇宙航船和各种为达到最終航行目标所需的設备，都可以先分成一部分一部分地运到这样的航行站上去。用这种方法来建造宇宙航船，比較方便，因为从人造衛星的站台上起飞所需儲备的燃料，比直接从地球起飞时要少得多。

在地球上旅行的人碰到中間站就可以停一停，但是从星际航行站上出發的星际旅客却不能这样随便，他們不但要事先盤算好所走的路綫，而且还要計算好航行速度。

在一些宇宙航船的設計方案中，星际航行站还可供回程之用：乘客們在这里換上宇宙滑翔机，飞回地球去。

在地極上空飞过的人造衛星用来进行观測虽是方便的，但是作为星际航行站通常就不适宜了。为什么呢？因为星际航行站必須随同地球一起在地球繞太陽公轉的平面(所謂黃道面，我們太陽系的所有其他行星大致也是在这个平面內运行的)內运行。只有在星际航行站不飞过地極上空的情况下，从它出發的宇宙航船的运行方向才会大致平行于地球循黃道运行的方向。而这一点对于从航行站起飞到宇宙空間去是异常重要的，因为这样一来，地球的軌道速度就会跟航船的起飞速度相輔相成，帮助航船克服地球和太陽的引力。

中間站不是固定的而是运动着的，这对实現宇宙航行来說是一个重要的优点。这样，火箭在站上停靠时將保留自己的速度，到起飞續航时再加以利用。有人計算过，火箭要是直接从地球起飞到月球、金星、火星上去，就要加速到每秒

11.1—11.6公里，而如果是从人造地球衛星上起飞的話，只要加速到每秒3.1—3.6公里就行，因为中間站本身已經具有每秒 8 公里左右的速度了。这就是說，一个能从地面上升到1,000公里高(这一点目前已經能做到了)的火箭，要是从星际航行站起飞的話，就已經可以到达金星或火星了。

大部分的星际航行設計都規定，宇宙飞行家們一定要在星际航行站上換乘那裝修站用从地球运来的部件裝配而成的飞船。为了裝备星际飞船，可以把原先飞到站上来的火箭的發动机和其他部件拆下来加以利用。从地球飞上人造衛星和进一步从人造衛星飞入星际空間，这兩种情况是完全不同的。因此供这两种飞行用的火箭也应有不同的構造。

供人們从地球飞上人造衛星用的宇宙飞船应当是流綫形的，因为它必須穿过整个大气層。它必須裝有强力的發动机，使它具有每秒 8 公里左右的速度，因而，它就必須儲备着很多的燃料供給發动机使用。至于从人造衛星飞入星际空間用的宇宙飞船，却可以是非流綫形的，因为它在星际空間里不会碰到外物的阻力。所以燃料箱就可以做成球形的，这样就可以減輕燃料箱的皮重而使容积保持不变。

从人造衛星上起飞的火箭所需要的功率比从地面起飞时小得多。实际上，从地面起飞时，推力应当大于火箭的重量；而从人造衛星上起飞时，却就不必遵守这个条件。即使推力比火箭在地球上时的重量小得多，火箭仍然能够逐漸加速到需要的速度。在从地球起飞时，發动机所消耗的能量的大部分不但是用在克服地球引力的有用功上，而且还用在各种損耗(例如空气阻力)上；而当發动机停止工作时，火箭一般总要落回到地球上来。至于从星际航行站起飞的飞船，却不会有这种危險：就算火箭發动机停止工作了，飞船也不会

落回地球外的起点站去，也不会落回地球上来。因此飞船所要储备的燃料量，就比从地球起飞时少到簡直不能相提并論。这就是宜于利用人造衛星作星际航行站的又一个原因。

按照某些設計，原先从地球上飞到星际航行站上来的火箭，就將用来供人們进而飞入宇宙空間，但是要在星际航行站上拆除它的流綫形外壳。它也不再需要空气稳定尾片了。如果火箭在星际空間中需要改变它的飞行方向，就可以向适当的方向噴出一股气体。火箭在星际航行站上加足燃料以后，就出發繼續飞行。它离开星际航行站时所帶的燃料越多，所能加速到的末速自然也就越大。可是从地面起飞时的情况却不完全是这样，因为从星际航行站上起飞时，多帶一分燃料，总会多得一分好处，可是当直接从地球上起飞时，由于火箭的負荷太大，結果可能是不利的(速度和高度反而减小)。

但是要飞上月球和各行星，人造衛星也并不是什么必經的阶段。就是不在星际航行站上停靠，也可以从事这样的飞行。不过在这种場合，起飞的方式稍有不同。火箭从地面起飞并加速到每秒8公里光景的速度以后，就在200—300公里的高度上变成了人造衛星。以后輔助火箭就逐步地把进一步航行所需的額外裝备和燃料送到这个变成了衛星的火箭上去。星际火箭取得了"支援"以后，再出發飞向預定的目标。这个办法从减少流星体撞击危險的观点来看是有好处的，因为临时性的人造衛星只有不長的一段时間有可能遭到流星体的襲击。

人們在实地飞入無边無际的宇宙空間之前，可以事先在星际航行站上檢查这种飞行的环境。在星际航行站上將可以弄明白長时間失去重量对人体有沒有害处，人造重力对人体

將起怎样的作用，等等。在这个空中孤島上还可以研究防御流星体襲击的方法。以星际航行站作基地，星际飞行員們就可以在离地球不远的空間里进行复杂的实習，来練習操縱宇宙飞船在無空气的空間里航行，还可以練習滑翔飞回地球时減低宇宙速度的技巧。

为建造結構最合理的宇宙飞船和滑翔机所需的許多資料，也可以在星际航行站上加以測定。

必須指出，利用人造衛星作星际航行站，或者使宇宙飞船暫时变成地球的衛星(这在原理上是相同的)，看来將只是宇宙航行技术發展初期的做法。以后，强大的原子能飞船在飞向月球和行星的路上，就不需要先轉到圓形軌道上去等待从地球来的"支援"。也可能，把受人控制的小型复式火箭直接从地面發射到月球和行星上去，来得更便当些。

## 3. 天然星际航行站問題

有人在星际航行学書刊中断言，月球是可以利用为星际航行站的。其实，月球对于这个目的并不适用，因为它离开地面太远了。除此以外，因为月球的質量比較大，因而它的引力也比較大，这样，星际飞船在向月面降落时先就要消耗不少燃料来減速，后来在起飞时又要消耗不少燃料来加速。举个例子說，假定有个探險家要到火星上去考察。科学家計算过，如果利用离地球不远的人造衛星作換乘站，那末宇宙航船从地球飞到航行站再从航行站飞上火星所必須加速到的速度合計起来还比單是从地球飞上月球的小，因而消耗的燃料也少。这是因为，在要降落到火星表面上去的时候，航船可以利用火星大气層的阻力来減速；而在向月面降落的时候，却必須利用火箭發动机的能量来減速，因为月球上是沒有空气

的。

假使能在月球上找到一种特别优良的燃料和什么結構材料，那末，利用月球作星际航行站还多少有点意思。

这样看来，利用人造衛星做星际換乘站比利用月球有許多优点。首先，人造衛星可以离地球很近，这样往返飞行就可以快得多，还可以少消耗些燃料。其次，人造衛星本身沒有重力場，因此在月球着陆和以后从月面起飞所必需消耗的燃料就可以省去了。

但是地球有沒有第二个月亮甚或几个天然衛星，它們离开地球比我們所知的唯一的衛星——月亮——还近，但是直到現在还沒有被發現呢？要知道有的行星是有許多衛星的。例如木星有12个衛星，土星有 9 个衛星。其他行星的許多衛星都是很小的：火星的兩个衛星火衛一和火衛二❶ 的直徑分别等于14公里和 8 公里。如果能够發現地球的另一个天然衛星，即使是很小的，也就可以把它作为一个深入宇宙空間的重要据点。如果發現了一个或几个这样的衛星，那末飞上月球和行星的問題就容易解决得多，因为这样就不必要去建立人造衛星了。在天然衛星上也比較容易建立飞行天文台和星际航行站。

不用說，就算有这样的衛星，也只能是非常小的，因此要發現它們就异常困难。由于这样的小衛星的运行速度很大，我們不能在望远鏡中看出它来，如果它离地球比較近，这种情况就更显著。而且，在离地球很近时，它可能不会在照相底片上留下痕迹，因为曝光时間太短了。除此以外，这样的衛星落在地球陰影里的时候不会發光，因此对它的观測只能在很短的时間內进行。天文学家們認为，就算在什么时候

❶ 火衛一即浮波斯，火衛二即黛摩斯。——譯者

观測到了一个这样的衛星，也可能把它錯認为流星了。近几年制定的用来研究流星的無綫电天文学方法，对于解决这个問題可能有用处。例如新墨西哥(美国)的流星研究所正在这方面进行观测，領导这項工作的是湯姆波，他曾在1930年發現了冥王星。

显然，將来如果眞的發現了新月亮，那末它們一定是在大气圈外的。否則它們早就落到地面上来或者由于空气的阻力而燒毀了。

太陽系中其他天体的天然星际航行站对于星际飞行事業也有很大的价值。比方說，如果要到火星上去旅行，那末在向它的表面降落以前，显然先要环繞这个行星作偵察飞行(飞上月球的情况大概也一样)。为了这个目的，火箭飞船就暫时变为火星的人造衛星。实际上，在行星上降落和以后的起飞，起初一定是有很大困难的，何况回程所需的燃料在从地球起飞时就得帶足呢。

## 五、在宇宙飞船上

### 1. 起　　飞

汽車、火車或帆船在有动力作用着的时候，也就是說当發动机工作着或有風吹在帆上的时候，就运动；但是只要發动机一停下来，帆一收起来，火車头的鍋爐一停火，就不动了。

誠然，这些交通工具并不是在动力消失之后馬上就停下来的，在这以后它們还要依靠慣性再走一定距离。但是这段距离比較短，因为积累起来的能量很快就被摩擦力和空气阻力消耗掉了。

星际飞船却不同。它的發动机在几分鐘以內就給火箭以巨大的速度。在这以后飞船就依靠慣性在星际空間中繼續飞行，它在这里既不会碰到摩擦力，也不会碰到空气阻力。

宇宙火箭达到需要速度越是快，發动机要跟重力作斗爭的时間就越短，因而所消耗的燃料也就越少。

如果能在一剎那間把飞船加速到需要的速度，然后关掉發动机，讓飞船依靠慣性繼續飞行，那就可以节省許多燃料。但是这样做实际上是不可能的，因为火箭自然只能随着燃料的燃燒而逐漸地加速。除此以外，起飞速度还要受到人体耐力的限制。

講星际飞行的書的封面上常常画着这样的景象：火箭循着連接地球和月球的直綫飞行。火箭已經在半路上甚或已經十分接近航行目标了，可是它的發动机仍旧在工作。这样的想像是錯誤的。实际上宇宙飞船的軌迹不会是直綫，而且它的發动机在起飞几分鐘以后还在地球附近就停止工作了。只有在这种情况下，飞船才能保留下它日后所需要的燃料。

整个飞行的成功或失敗，要看飞行路綫选擇得是不是正确。保持燃料消耗量最小的飞行路綫是很复杂的。火箭循着这样的路綫飞行时要經常改变运动的方向和加速度。而如果是循着簡化了的路綫飞行(例如垂直上升)，那末燃料就得多用好几倍。

精确选定起飞的时刻对于整个飞行也具有决定意义，因为地球和飞船所要飞去的天体都是在运动着的。这情形有点像軍艦上的大炮在海浪蕩漾中射击。炮彈上了膛。瞄准手守着瞄准管，一动也不动。忽然，目标在瞄准管里閃了一閃。瞄准手馬上就扳机射击。他要是迟了一点点，炮彈就会射到自己艦旁的海浪里或相反地射入高空中去了。这样看来，宇

宙飞船的起飞和飞机的起飞是根本不同的。

## 2. 在飞行中

……于是發动机关掉了。

現在，宇宙飞船將要依靠慣性在占全程99%以上的一段路程上繼續飞行。比方說，当我們要飞上最近的几个天体时，火箭發动机工作着的那一段路程大約是2,000公里長，而从地球到月球的距离却是几十万公里，从地球到行星的距离却是几百万公里。

在地上只有火車和有軌电車是循着完全确定的路綫运行的，而其他一切交通工具却經常在行程的几何綫上偏来偏去。在这里，道路的崎嶇不平、風和水的流动、發动机工作不均匀和其他許多因素都有影响。星际飞船的情况可不一样。差不多在整个路程上，实际上只有太陽的引力对它起作用，因而它就循着严格一定的航綫飞行，就像是有看不見的軌道一样。

也許有人認为，既然星际空間广闊無垠，而宇宙飞船又决不会跟对面来的飞船相撞，那末航綫有一些偏差就不怎么可怕。可是实际上宇宙飞行却要求人們比航海和航空更加精确地来操縱飞船并保持更高的警惕。在飞行速度上或运动方向上只要有一点点偏差，都是極端危險的。这从下面的例子中可以看出来。

当宇宙飞船以最小的速度飞向月球的时候，起飞速度降低每秒1米，飞船的作用半徑就要縮短4,000公里。如果是飞往行星上去的話，情况就更加严重。在这种場合，速度减小每秒1米，作用半徑就縮短几万甚至几十万公里。

举例来說，假設我們要循着起飞速度最小——每秒

14,226米——的軌道飞向木星去。要是把这个速度仅仅减小每秒1米，那末飞船就要差400,000公里而达不到目标。而如果速度的誤差是千分之一，那末超越目标或达不到目标的距离就在500万公里以上。这是因为，在离地球和太陽很远的地方，引力几乎完全感覚不出来，因此速度只要增加一点点，就可以使火箭的飞行距离大大延長。起飞角要是有十分之一度的相差就会使火箭从目标旁边几十万公里处飞过去。

因此飞行員必須經常檢查飞船的航綫，并且利用小型的火箭發动机来校正飞船的軌道。

怎样来測量飞船所走过的路程呢？

如果是飞往月球，要确定飞船跟地球和跟月球的距离，就可以測量从飞船上看地球或月球直徑的兩条視綫所成的角。这个角越小，距离就越大。根据温度的变化就可以知道到太陽的距离。現代的温差电偶温度計可以指示小到百万分之一度的温度变化。用这种温度計測量航船相对于太陽的位移，精确度可以到2—3公里。

## 3. 降　　落

完成了宇宙飞行归来的飞船，將怎样地降落呢？

从理論上說，似乎可以利用火箭發动机来达到这个目的。"屁股朝前"的發动机將不是使飞船加速而是使飞船減速，因为噴出的气体是把火箭朝相反的方向推的。可是实际上为达到这个目的所需要的燃料太多，火箭帶不了。

本来，也許可以利用空气的阻力来使飞船減速。但是飞行器以宇宙速度在大气中飞行时不可避免地要發热，这必然会引起危險。隕星在落入大气層中时要燒起来，这个例子說明，要使飞行器从宇宙空間降落到地上是个很复杂的問題。

利用降落傘使宇宙飞船在降落中減速無論如何是不行的，因为降落傘在瞬息之間就会燒掉了。除此以外，这样的減速也太剧烈。笨重的星际飞船又不是流綫形的，根本不适于在地上降落。它在下降到地球大气層中的时候毫無疑問会燒到白热的。

因此还在落入地球大气的上層以前，乘客們就应当換乘具有最完美的流綫形的宇宙滑翔机。而飞船本身的命运不外兩条路：要就是像流星一样在大气中燒毀，要就是把發动机开一个短时間，讓飞船变成地球的衛星。

滑翔机接近地球后，为了把每秒 11 公里 以上 的速度降低，先下降到大气的上層中，然后再从大气上層飞出，重新进入沒有空气的空間里。滑翔机在大气中滑翔的时候，就部分地減速，当它从大气里鑽出来的时候，速度就比較小了。这样反复几次地在大气圈里飞进飞出，就逐步地把速度降到很低。用这种方式降落，滑翔机的外壳不会 热到 很 高 的温度。

滑翔机的速度逐漸減小，它的“發育不全的”小机翼的表面积就不足以維持滑翔了，这时原来縮在里面的一些机翼就伸出来，繼續維持滑翔。滑翔机逐漸下降到越来越密的大气層中，要經过好几个鐘头才降落在地面上。这样看来，滑翔中的減速是逐步进行的，因此滑翔机就不会过热，而机艙中的温度也不会升得太高。当速度几乎被減完了的时候，滑翔机才着陆。

用类似的方式也可以从星际航行站回到地球上来。在这种場合，航行站利用小型火箭發动机以不大的速度把滑翔机从相反方向“投射”出去。这样就可以使滑翔机減低速度，逐漸下降到大气圈中。

# 六、宇宙飞行

## 1. 飞往月球

毫無疑問，第一次宇宙飞行的目标將是我們的衛星——月球。因为它离我們只有384,000公里，也就是說只有最近的行星——金星——在地球旁边經过时和我們的距离的百分之一。甚至用地球上的事物来比，这个距离也不算大。許多鉄路員工和海員都已經走过这么多路程。許多飞行員的飞行記录比往返月球的里数还多得多。

人們能够登上最高的山峰。但假使地球和月球之間有一架梯子，那末人們要爬到月球上去，力量够不够呢？

經过許多次实驗，已經弄明白，要爬高1,550米左右，就要消耗整整一个工作日。因此，如果把从地球到月球的平均距离，用"登月运动員"第一天所走过的路程去除，就知道要680年才能爬上月球。但是这样的計算有一个前提，就是假定全部"路程"的境况和攀登速度都和第一天一样。其实这个假定是不正确的，因为地方越高重力就越小，爬起来就越容易，而速度也就不断增大，所以"登月运动員"有11年就已經能到达自己的旅行目标了。

火箭飞船要飞到月球，又需要多少时間呢？用每秒約11.1公里的最小速度起飞，就要5晝夜才到得了月球。但是如果用每秒11.2公里的速度飞离地球，飞船只要51小时就可以到达月球了。

像头一批人造地球衛星一样，头一批"奔月"火箭看来也將是自动控制的。火箭上不断發出無綫电信号，这样人們就可以监視它的飞行情况。我們根据無綫电信号或根据火箭降

落月面时發光彈的爆炸，就知道火箭已經到达了目标。这样的爆炸如果是發生在太陽照不到的那一部分月面上，就会看得特别清楚。此外，火箭撞在月面上的时候可以在一大片土地上撒上白粉，这样在地球上就可以看見一塊白斑。

以后，更加强大的載人火箭就可以从星际航行站起飞，变成月球的人造衛星，不用消耗燃料就可以長时間环繞月球运轉。因此从这样的飞船上研究月球是非常有利的。

根据計算可以知道，如果火箭的噴气速度是每秒4公里，火箭的重量是10吨，那末它从人造衛星出發去作环繞月球的飞行，只要帶上12吨燃料就行了。如果是从地面出發，它就需要150吨燃料。如果噴气速度是每秒2.5公里，那末从人造衛星飞到月球，就需要25吨燃料，从地球飞到月球，就需要840吨燃料。在这些計算中不考虑飞船为克服空气阻力所需的燃料量，而且假定飞船是在瞬息之間加速到必要速度的。

在地球上我們永远只能看見半个月球。另外那半个从地面上永远看不見的月球要是能够研究一下是很有意义的。我們可以使人造月球衛星在正当这半个月球被太陽光滿照的时候在它的上空运行，这样星际航行家就可以清楚看見它了。这时候相当于地球上的新月期。

可以認为，地球上看不見的那半个月球，跟向着我們的那半个月球不会有什么本質上的差别。那半边一定也沒有比較密一点的大气，也是干巴巴沒有一点水的。星际航行家們將看見大片的平原暗斑，就是所謂“海”；看見被深裂口割断开来的山脉，山頂明亮發光，山脚浸在黑影里；还有里边陡峭外边傾斜而下的环形大垣(所謂“环谷”)的缺口；还有一列一列的火山口。

假設有一艘宇宙飞船，它的構造就像我們在前面（見圖

11，Ⅰ)講过的那样，从星际航行站出發去考察月球。

当依靠慣性繼續飞行的时候，宇宙飞船的速度要起很大的变化。它像被垂直抛上去的石塊一样逐漸减慢。过了5晝夜，飞船就飞近了月球，在进入它的引力范圍以后，速度又重新增大起来。在月面上空几十公里高的地方，这个速度可达每秒2.5公里左右。

为了使飞船在月面的上空，比方說10公里高的上空，变成月球的人造衛星，就必須把它的速度减低到每秒1.7公里——这是对于这个高度的环繞速度(圖11，Ⅱ)。由这艘飞船变成的衛星的运轉周期是1小时50分，地平綫的距离是186公里，从这里可以用肉眼看見的月球上的物体最少得有3米大小。

飞船不必再消耗燃料就可以無限期地环繞月球打轉（圖11，Ⅲ)。

如果要回到地球上来，可以把發动机开动，于是飞船的速度就增大起来，而飞船就离开圓形軌道，只有抛丢了的燃料箱仍旧循着圓形軌道轉圈子（圖11，Ⅳ)。在这些箱子里可以裝上各种自动仪器，随时把各种测量的結果用無綫电傳送到地球上来。

飞船照前面說过的方式向地面降落(圖11，Ⅴ)。宇宙滑翔机在着陆的时候要把原来縮在里面的机翼完全伸出(圖11，Ⅵ)。

环繞月球作过几次偵察飞行以后，接着就要进行在月面上着陆的飞行了。

要在月面上降落，不消耗燃料能行嗎？月球上有沒有大气呢？

根据观测知道，月球上的大气是極其稀薄的。因此宇宙

飞船要在月球上降落，不能利用月球的大气来减速，要减速必須采用火箭發动机。

在月球和沒有大气的行星上，星际航行家們要住在不透气的屋子里。要走出来的时候，也像在人造衛星上一样，一定得穿上特制的宇宙飞行服。尽管这身衣服很笨重，星际航行家們还是可以行动自如，因为月球上的引力只有我們地球上的六分之一。

为摆脫月球的引力所需要的能量，只有地球上相当值的二十分之一。因而，飞船要回到地球上来所需的起飞速度，就比从地球往月球的起飞速度小得多。它的数值还不到每秒2.5公里。甚至現在所用的單式(單級)液体燃料火箭也能把飞船加速到这个速度。

## 2. 飞往火星

飞往火星是很有意思的一件事。火星离地球近，而且它的物理情况和地球相似，因此天文学家和别的科学家都非常注意它。

要到火星上去旅行，要在火星表面上降落，显然也和飞往月球一样，必須先环繞这个行星作偵察飞行。为了达到这个目的，火箭飞船先要暫时变为火星的人造衛星。实际上，要在行星上着陆，随后又从行星上起飞，开始总是有許多困难的，何况回程所需的燃料，在从地球出發时就必須帶足呢。詳細地研究了火星的表面以后，就有可能为随后的考察队找到适当的着陆場地。还可以收集到許多資料，这些資料是我們地球上的天文台所無法得到的，但对于准备飞上火星去进行考察却是不可少的。

首先必須弄清楚火星大气的結構和成分，以便知道宇宙

飞船在降落时能不能利用它来减速。研究了火星的大气以后，也就可以知道，人在这个行星的大气里能不能生存，火星的大气能不能可靠地防御無数的流星和各种貫穿星际空間的有害射綫。

現在已經确定，能吸收太陽紫外綫的臭氧，在火星的大气中是几乎沒有的，因此这些射綫就能一直射到火星的表面上，这对于星际航行家是很危險的。

环繞火星的飞行可以循着不同的軌道来进行，这些軌道在飞行持續期和加速飞船所需的速度上都彼此不同。

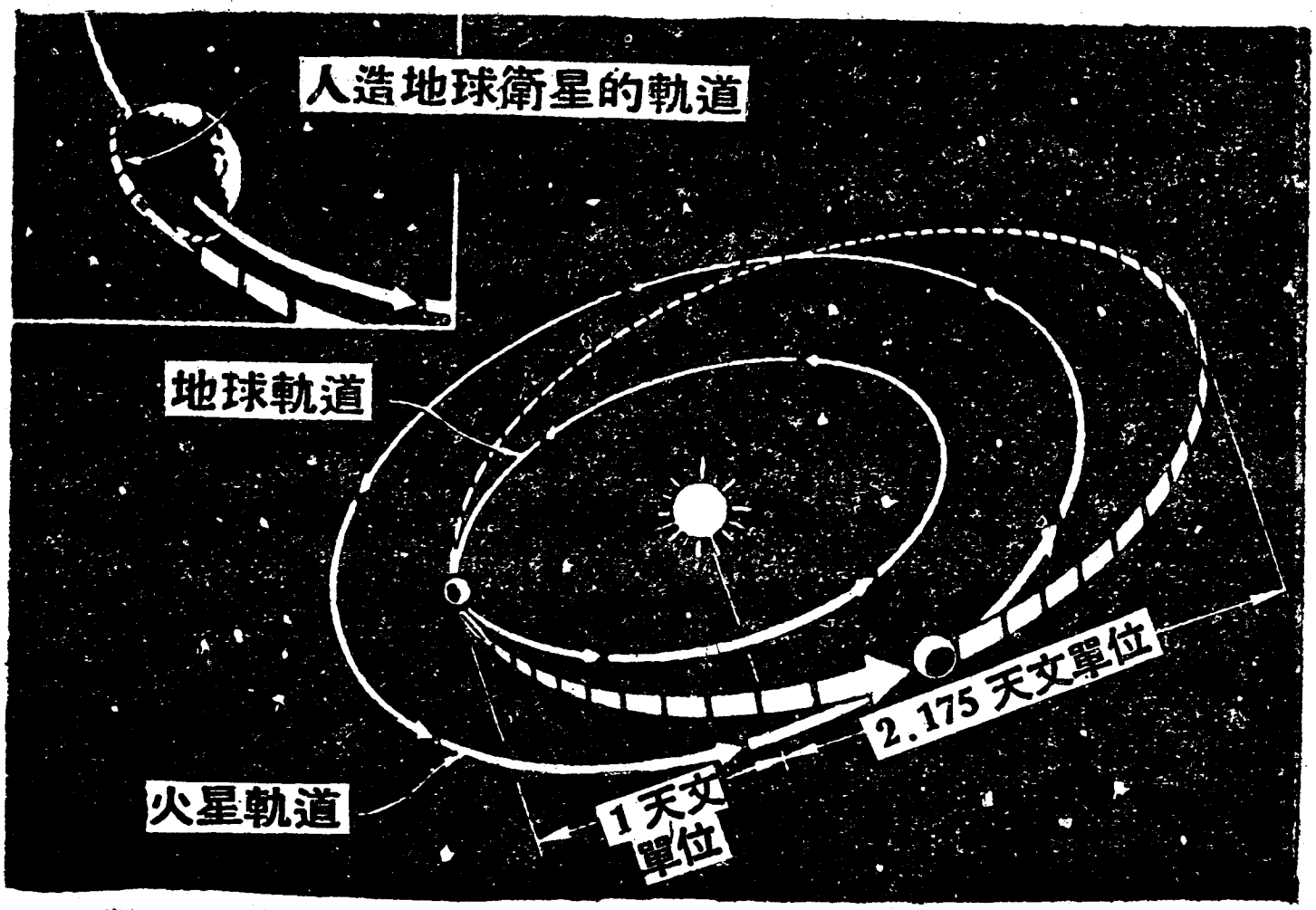


圖22　来回需时两年的火星之行。左上角表示火箭从星际航行站起飞。

就拿来回需时兩年的軌道来說吧(圖22)。宇宙飞船应当在星际航行站上正是午夜的时候，也就是說当地心处在航行站和太陽的联綫上的时候，从航行站出發。这是最方便的时刻，因为在这时候起飞的火箭的运行方向和航行站的运行方

向是一致的。这样，火箭利用航行站本身的运行速度，就可以用最小的速度——每秒4.3公里——起飞。而如果直接从地球飞往火星去，飞船就需要加速到每秒12.3公里的速度。

假定火箭連同乘員共重10吨，那末在噴气速度是每秒4公里的情况下，从星际航行站起飞的飞船应帶19.6吨燃料，而如果是从地球起飞的話，那就要帶216吨燃料。

飞船在星际空間中的速度經常变化。在起飞时速度最大，离开地球的軌道越远，航船的速度就越小。

等到跟火星接近到預定距离的时候，飞船就从火星旁边飞过去，繼續进入星际空間。在飞过火星旁边的时候，由于火星的自轉，星际航行家就可以把它的整个表面攝影下来。

起飞一年以后，飞船就达到了它軌道上最远的一点——离起飞点2.175天文單位的一点。在这一点上，飞船的速度將最小。

以后飞船的速度越来越大，重又逐漸接近火星的軌道。但是当它第二次截过这条軌道的时候，它就不会再在这条軌道上碰見火星了。飞船繞完橢圓形的航綫，恰好是兩年，于是又回到地球，速度依然跟离开地球时一样。

力量更大的火箭可以在火星的小衛星——火衛一和火衛二——上降落，在这里进行長时間的研究。火衛二离开火星23,000公里，只有月球和地球間的距离的十七分之一。而火衛一却是在火星上方9,000公里的空中飞翔。这兩个衛星繞着火星运轉得非常迅速；火衛一大約是8小时轉一圈，火衛二大約是30小时轉一圈。这兩个天体的体积和質量都不大，它們的引力是微不足道的。因此要在这兩个衛星上降落以及以后再起飞，都比登上火星本身去訪問来得容易。

根据現代天文学的資料推測，人們將可以在火星的表面

上找到比别的行星更类似于地球的环境。火星上非常可能有植物。火星的大气中似乎含有氧，而不含对人有害的气体。但是就是在火星表面上，大气也是非常稀薄的。因此宇宙航行家到了火星上必須住在密不透气的屋子里，随时調节屋子里的气压和温度。要走出来，就要穿上宇宙飞行服。可能，人們也会在火星上找到水。火星上受到太陽輻射的强度比地球低一半，因此火星的气候要寒冷得多。

探險队要飞往火星，并在火星表面上降落，要选擇哪样的軌道才算有利呢？

空間中兩点的联綫以直綫为最短。可是宇宙飞船的航綫通常都不可能是直綫。就像地球的引力要使成斜角抛出去的石头的軌迹弯曲一样，太陽的引力也要使飞船在星际空間中的軌迹弯曲。当然，如果火箭不停地开动着發动机，它的軌迹也可能是直綫，但是这样一来，燃料就太費了。唯有飞船直对着太陽（也就是循着太陽光綫）飞行时，太陽的引力才不致使飞船的直綫軌迹弯曲。但是要实現这样的飞行，就需要漫無节制地消耗燃料，因为飞船必須抵消它随着地球一起繞太陽运轉的那个巨大速度——每秒30公里左右的速度。这个速度使飞船偏离預定的航綫，就像船夫想要垂直于河岸渡河，而流水却把船向下冲一样。

我們姑且假定飞船是以最小的起飞速度循着最短的直綫軌道飞向火星的吧。这个飞行要繼續85晝夜。但是要这样飞，就需要把飞船加速到每秒39公里。这显然是一条非常不利的軌道。

循着半橢圓形軌道飞行的宇宙航船，从地球起飞时所需要加速到的速度是最小的。在这种情况下，它在火星表面降落时所要抵消的速度也將是最小的（圖23）。

前面說过，要遵循一定航綫的星际火箭，不能在任意时刻起飞。要使火箭到达火星軌道上的时候正好能碰上火星，火星就必須是在相对于地球的一定位置上。火星和地球的这种相对位置平均每隔780天才有一次。

循着半橢圓形軌道飞往火星要历时259晝夜。要循着同样的軌道飞回地球来，就要等454天以后火星和地球構成适当的相对位置时才能起飞。

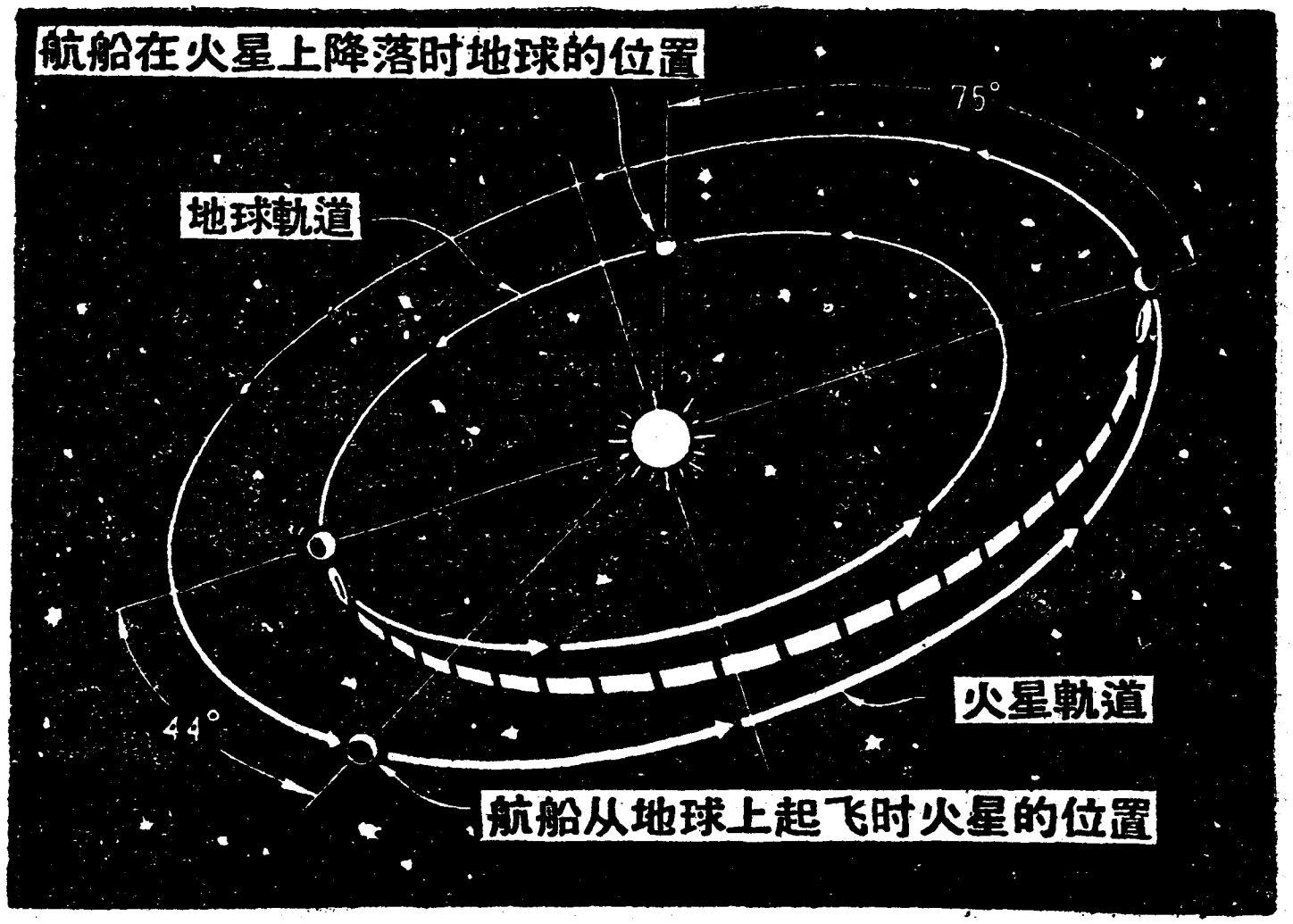


圖23　循着半橢圓形軌道飞往火星。

循着上述軌道飞往火星的航船在起飞的时候要加速到每秒11.6公里。但是未来的星际航行家未必会选擇时間这么長的航綫。他們大概会設法用提高起飞速度的办法来縮短飞行时間。这样一来，他們就有可能循着抛物綫形之类的軌道飞行。在起飞速度是每秒16.7公里的情况下，循着这条軌道飞

往火星有70晝夜就够了。

这就是宇宙飞行的奇妙特点之一：初速只要增加40%，飞行时間就可以縮短27/37。

19世紀末曾广泛流傳着一种說法，認为火星上有高度發达的生物。用这个主題曾写了不少科学幻想小說。小說的作者們听憑自己的主人公自由选擇飞行时間和軌道。可是实际上情况却复杂得多。要从一个行星飞往另一个行星，只能循着一定的"合理"航綫。这种航綫决定于行星間的完全一定的相对位置。因此宇宙航船能够起飞和着陆的日期也是严格一定的。

如果把飞往火星或金星去的可能的起飞和降落时刻編成一張表，就会得到一个很不平常的結果：在这种时刻表里將有"停航期"，長短从几个月到一年半或一年半以上，在停航期里任何一艘航船也不能从地面起飞或着陆，因为这时候行星間的相对位置不适合，不可能进行宇宙航行。

## 3. 飞往金星

太陽落山以后，我們注視漸漸暗下来的天穹，往往会看見一顆特别明亮的星星。这顆星就是金星。有时它也在黎明之前出現，有时甚至在白天也能看見。金星很明亮是因为它离太陽很近，同时因为它反射太陽光的能力很强。

金星不但是离地球最近的行星，而且它在我們太陽系的九大行星中跟地球最相似。它的大小和質量只比我們的地球小一点。因此星际旅客在金星登陆以后將会感到体重沒有多大变化。

早在1761年，罗蒙諾索夫就利用望远鏡發現了金星上被太陽照亮的大气。

很久以来，人們就推測金星上的云是由反射太陽光的能力很强的水蒸汽形成的。但是最近对金星的大气圈的上層进行了研究，結果知道它既不含水蒸汽，也不含氧气，却含有大量的二氧化碳。因此星际航行家將来必須随身帶足呼吸所需的氧气。

根据观測金星的黃昏所得的資料判断，它表面上的大气压力比地球上要大一兩倍。这就使得宇宙航船在金星表面上降落时比較容易減速。

关于金星自轉的周期(轉一整圈的时間)，目前还沒有最后肯定的意見：有的研究者認为是68小时；有的認为它等于地球的自轉周期；而根据另外的資料，却又說是等于金星繞太陽公轉的周期，也就是225天。金星赤道面和軌道面所成的傾斜角的值也还沒有确定，因而一年中晝夜長短的变化也就不能确定。

可能，只有等到將来研究者們完成了环繞金星的飞行之后，才能精确無誤地解决这些問題。掌握了这些資料以后，也就能够确定，宇宙航船应当在怎样的高度上取怎样的方向进入金星的大气層，才能最安全地着陆。实际上，航船相对于金星大气層的速度越小，着陆也就越容易，越安全。但是这个速度因火箭是順着还是逆着金星自轉的方向进入它的大气層而相差很大。

在头几次的偵察飞行中要詳細研究金星外壳的構造，要調查金星上有沒有植物和动物，等等。由于金星被一層濃云包裹着，这些观測工作是非常困难的。可是，最新的利用看不見的紅外綫进行攝影的方法，將使我們能从宇宙航船上穿透云層对金星表面攝影。

假設我們現在是在一艘啓程飞往金星的航船上(圖24)。

在以每秒11.5公里的速度从地球起飞以后，駕駛員就关掉火箭發动机，于是航船就像抛石器抛出去的石塊一样，依靠慣性繼續飞行。重力的感覚消失了，乘客們都跑到窗前去張望。就在不远的地方，一个慢慢旋轉的淺綠藍色的球——我們的地球——悬在黑暗的空中。从云塊的空隙間看下去，地球盤面的被太陽照亮的部分上隐約可見各大陆的輪廓。航船摆脫了地球的重力場，它和地球之間的距离越来越大。

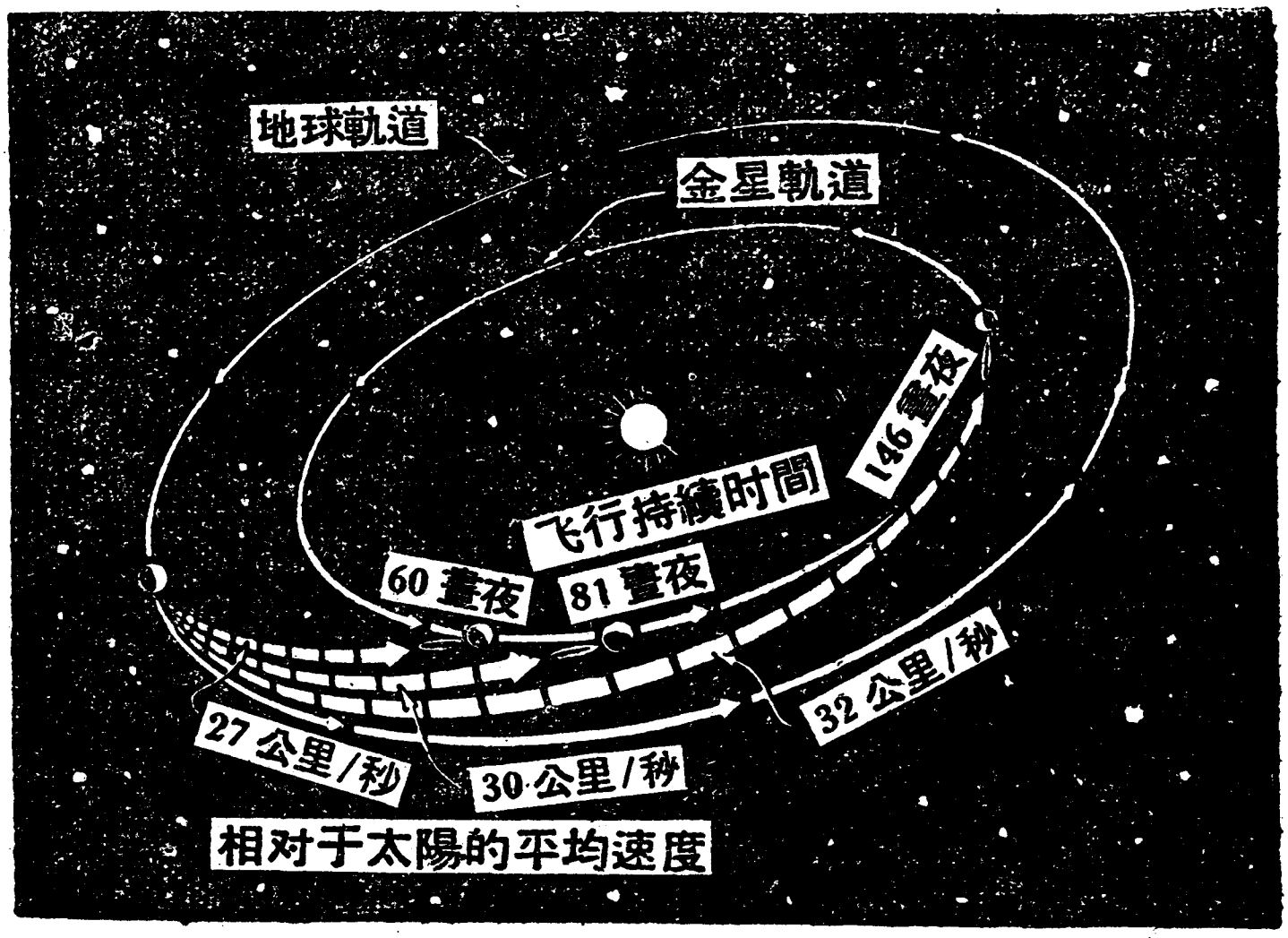


圖24　循着橢圓形軌道飞往金星。

几个月过去了。遙远的地球早已变成了一个青色的亮星。太陽光照得越来越热。在窗子外面，一个前人未知的新世界急速地扩大起来，出現在人們眼前，这就是閃着天青色光輝的金星。它的盤面迅速地向着航船接近，遮去越来越多的星星。必須減低下降的速度，否則航船就要像巨大的隕星一样猛力撞到金星的外壳里去了。經这么一撞，航船的动能

就变成热能，一声爆炸，金屬就会全都气化，于是航船就化为烏有——除了一个大坑以外，就連一点碎屑也不留。

可是不要紧，駕駛員已經想出办法来避免航船跟金星相撞。航船几乎是和金星表面平行地飞入金星的大气層，并利用大气的阻力逐漸減低速度。最后，裝在航船头部的一部小的火箭發动机，把飞行速度完全抵消。再过一会兒，航船就徐徐地、平稳地降落，于是来自地球的航船就在离我們最近的行星上着陆了。

日子飞快地过去，人們忙着观測、实驗、搜集各种标本和做其他的科学工作。該啓程回地球去了。在起飞的时候，航船加速到每秒10.7公里，循着跟金星軌道和地球軌道相切的半橢圓飞行。航船以每秒11.5公里的速度飞入地球大气層。先在大气的稀薄上層中作滑翔飞行，然后，到較密的大气層中就設法把滑翔速度也抵消掉。

宇宙航船順利地把宇宙旅客們送回了地球故乡。

循着上述軌道飞上金星需时146晝夜。这个飞行期限，也許还可以縮短到81晝夜或60晝夜甚至更短一些。我們知道，在地球上，要縮短飞行期限，就得加大速度；比方說，我們把石头用更大的速度拋出去，石头就飞得越快。但是星际航行的情况却不完全是这样。在这种情况下，航船相对于地球的初速越大，它在星际空間中相对于太陽的运动就越慢，因为航船的加速是在和地球运动相反的方向上进行的。就像人在火車里向着車尾跑得越快，他相对于地球的运动就越慢一样。

那末，既然火箭在星际空間中的运动速度減小了，为什么它的飞行期限反而可以縮短呢？

这个問題的答案見圖24。我們从圖上可以看到，后面兩

种方案所选定的航程，各比前一种短得多。这样，虽然飞行速度較小，航行期限还是縮短了。

## 4. 飞往其他天体

飞往最近的三个天体——月亮、金星和火星——的条件，我們前面已經講过了。至于飞往太陽系的其他各行星，困难就大得多了。

我們前面說过，从地球起飞到其他行星上去的速度跟选定的航綫有关系，从这个观点上来說，半橢圓形的軌道是最經济的。那末，要飞到我們太陽系的其他各行星上所需的最小速度是多大呢？这些航行要經过多長时間呢？

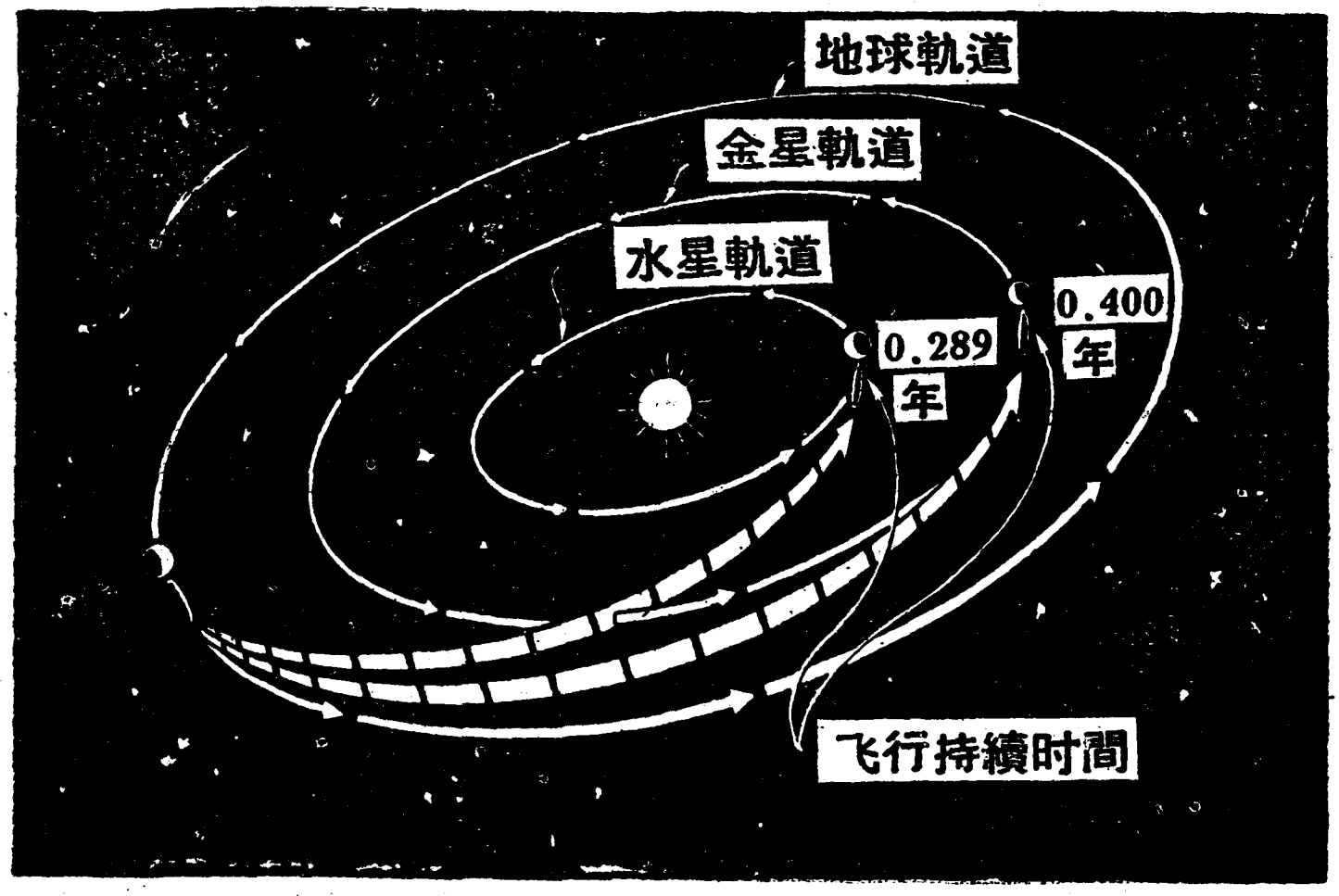


圖25 循着半橢圓形航綫飞往金星所需的时間比飞往更远的水星反而長。

这个問題的答案包含在下頁的表 2 中，这个表是根据計算資料編成的。

从表中可以發現一种有趣的現象，初看之下会难以相信的。

尽管金星比水星离地球近，可是循着半橢圓形航綫飞上水星所需的时間却比飞上金星短得多。为什么会这样呢？原来，从圖25上可以看到，从地球到水星的航程比从地球到金星的航程短。

在火星外面的行星——木星，比火星离地球远几倍。在火星和木星之間有一个由無数的小行星構成的小行星帶，这对宇宙航船是很危險的。而且木星上的抛物綫速度比地球上大四倍多，重力差不多大兩倍。这会束縛星际航行家們的活动，而且很可能使他們不可能在这个行星上停留。还有其他一些情况(寒冷、有毒气体)也使得人們难于在木星上降落。但是人們总有一天可以使宇宙航船变成这个行星的人造衛星，然后从它上面来对木星进行考察的。

表 2

| 宇宙航船飞往的行星 | 最小起飞速度(公里/秒) | 單程續航期 | | 起飞速度(公里/秒) | 單程續航期 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 年 | 晝夜 | | 年 | 晝夜 |
| 水星…… | 13.5 | — | 105 | — | — | — |
| 金星…… | 11.5 | — | 146 | — | — | — |
| 火星…… | 11.6 | — | 259 | 16.7 | — | 70 |
| 木星…… | 14.2 | 2 | 267 | 16.7 | 1 | 39 |
| 土星…… | 15.2 | 6 | 18 | 16.7 | 2 | 194 |
| 天王星…… | 15.9 | 16 | 14 | 16.7 | 6 | 282 |
| 海王星…… | 16.2 | 30 | 225 | 16.7 | 12 | 343 |
| 冥王星…… | 16.3 | 45 | 149 | 16.7 | 19 | 91 |

飞往水星的航行必須考虑到以下的情况。水星繞太陽轉一整圈的时間等于它自轉的周期(88天)。这样，它的一个半

球就經常受到太陽光的作用，而另一个半球却沉睡在永恒的黑夜里，因此这个半球上的温度就非常低。在照明面和黑暗面的交界上有一条狹狹的气候温和的半照明帶。不过，所謂水星上的气候，其实只是一种假定的說法，因为这个行星上多半是幷沒有大气的。

水星上受到的太陽能平均差不多有地球上的七倍。受照半球的土壤温度高达攝氏 400 度。因此宇宙航船如果要接近这个炎热的行星，就必須使船壳能把射来的太陽光的大部分反射到空間里去。

要在水星上降落看来將只能利用火箭發动机来进行，这就使得水星之行难以实現。

循着起飞速度最小的軌道飞上土星、天王星、海王星、冥王星，所需的时間都太長了。因此要到达这些行星就需要力量特别大的"加快"火箭和"特别快"火箭。比方說，如果把飞往冥王星去火箭的起飞速度增大 5 %；也就是以脫离太陽系的速度(每秒16.7公里)从地球起飞，那末抵达冥王星所需的时間就可縮減一半以上。这时的航行軌道是一条抛物綫❶的弧，这条綫在頂点那里跟地球軌道相切，幷以太陽中心为焦点。循着这样的軌道飞到离太陽比地球远的各行星上去所需的續航时間，見表 2 的最后一欄。

虽然火星以外的各行星上的重力跟地球上大致一样，但这些行星上的自然环境是不适于人們生活的。現在已經知道，土星、天王星、海天星和冥王星的大气中所含有的主要是甲烷("沼气")，而且这些行星上的温度非常低。

要飞往离我們最近的恒星，情况又如何呢？

当我們用肉眼或望远鏡来观看天穹的时候，我們是估計

❶ "抛物綫"似当作"双曲綫"。——譯本出版者。

不出各个天体离地球的远近来的，看起来所有的行星和恒星都一样远。可是实际上各个恒星离开我們太陽系的行星是很远很远的。光綫从太陽系中最远的冥王星射到我們这兒来还用不到 7 小时(光速等于每秒300,000公里)，而从我們看得見的最近的恒星"走"到地球上来却要 4 年以上。所以說飞往恒星和在行星际航行又不同，这更是非常遙远的將来的事了。

## 結　束　語

在这本小册子里我們大致談了一下宇宙飞行的最近的將来。

由于苏联科学家和技术家的努力，已經發射成功了第一批人造地球衛星。依靠这种經驗，將来还要發射一系列稍微大一些的、裝有愈加复杂而多样的設备的衛星。然后就要試驗，究竟乘人造衛星飞行对生物有沒有害(这样的試驗已經由帶狗的苏联第二个人造衛星的發射开始了)，接着就可以着手下一步——建造巨大的人造衛星，使它們不仅能容納各种仪器，而且还容得下人。

头一批人造衛星將循着比較接近地面的橢圓形軌道繞着地球运行。以后將建造速度越来越大的衛星，那时候衛星就可以循着越来越扁的橢圓形軌道运行了。

当然，要提高人造衛星的飞行半徑，起初会碰到很多困难；可是随着火箭功率的提高，这个問題解决起来將越来越容易。实际上，如果能把火箭在地面附近的初速从每秒7.9公里增加到比方說每秒10公里，那就可以把衛星的飞行半徑提高三个赤道半徑，而如果再把这个速度增大每秒 1 公里，那就可以把飞行半徑再提高25个地球半徑。这样，当速度是

每秒11公里的时候，衛星就已經能够达到地球和月球之間的一半距离。接着就是环繞月球和最近行星的飞行了。

要到达月球和我們太陽系的所有行星，火箭应当能加速到每秒11.1—16.7公里左右。

建立星际航行站可以使这个問題更容易解决。建立了星际航行站以后，初速就可以不必一下子加給宇宙航船：从地球起飞的时候，航船可以先加迅到环繞速度(每秒7.9公里左右)，而在从星际航行站上起飞的时候，再加上每秒3—4公里左右的額外速度。

飞往行星可以依靠使用热化学燃料的火箭来实現。但是毫無疑問，原子能的利用將为星际飞行事業开辟出新的可能，总有一天也会建成原子能宇宙飞船的，而这种宇宙航船的飞行性能和其他性能一定都会超过最完善的热化学燃料火箭的。

利用原子热火箭就可以直接飞往月球和各行星，不必在星际航行站上中途停靠了。航船要在沒有大气的行星和衛星上着陆，就可以利用原子热火箭順利地减速。原子能飞船將能从我們太陽系的任何一个星球飞回地球来。最后，由于速度很大，原子能航船起飞时不必等待地球和行星成最有利的相对位置。

宇宙航船取得了初步的加速以后，就不再用燃料而依靠积蓄起来的能量繼續飞行，这样的飞行是最經济的。根据同样的理由，宇宙火箭跟别种交通工具不同，它不必循着最短的直綫路徑向着目标直飞，它的航綫將是橢圓弧，以后又將是抛物綫弧和双曲綫弧。

在探險队出發到月球和各行星上去以前，当然要先派用無綫电自动控制的火箭前去。它們將为我們弄清楚为建造宇

宙航船所需的一切資料。宇宙航行的生理影响也將用动物来事先試驗。

人造衛星繞地球一圈需要比一小时半稍多一点的时間。环繞月球飞行再回到地球上来要历时10晝夜，而循着跟金星軌道和火星軌道相交的橢圓形航綫飞行并回到地球上来，至少也需要一年。到更远的行星上去考察就需要好几年。

現代的無綫电技术能够保証地面跟宇宙飞行器之間的連絡。又因为出發到宇宙空間去的航船也跟所有天体一样服从同一規律，所以在任何时間都能确定它們相对于地面無綫电台的位置。

从生理学的观点来說，似乎不会有什么障碍能阻撓星际飞行的实現。当火箭發动机开动着的时候，人是完全可能在几分鐘以內經受超过他体重 3 — 4 倍的增重的。这样火箭發动机就可以很經济地把火箭加速到宇宙速度了。

至于說到重量消失的現象，那末我們目前还不能肯定說，長时間失去重量对人体并無害处。但是即使有害，也不会成为征服宇宙空間的障碍，因为在技术上是完全有办法利用轉动来造成重力感的。

使航船的外壳或强或弱地吸收太陽光，就可以在广范圍內調节艙房內部的溫度。

在宇宙飞船的艙房內造成成分和湿度都适于人体的空气以及供应食物和防御太陽紫外綫的問題，对現代技术来說都沒有什么困难。宇宙綫对人体的影响問題目前还在研究阶段。宇宙航船被流星体击中或跟小行星相撞倒是十分危險的。

星际飞行將能回答这样一个激动人心的問題：在我們太陽系的其他行星上，有沒有生命呢，如果有的話，它發达到

什么程度呢？

星际飞行除了具有很大的科学价值以外，有一天显然也將具有实用价值，虽然目前还很难預料这到底是怎样的实用价值。比方說，可以指出这样一点，就是說各行星和它們的衛星是各种天然財富的巨大倉庫，这些天然財富是必須加以研究并利用来为人类謀福利的。

苏联人民一向把科学利用在和平事業上，他們要建成星际航行站和宇宙航船的唯一目的，就是要越来越深刻地洞悉宇宙的秘密和扩大人类統治自然力的权力。

## 科学普及出版社出版

| | | |
|---|---|---|
| 人造衛星 | Φ·齐格尔 | 0.35元 |
| 火箭和人造衛星 | 史超礼 | 0.10元 |
| 人造地球衛星 | 波别多諾斯采夫 | 0.33元 |
| 苏联第三个人造地球衛星 | 科普出版社編 | 0.35元 |
| 人造衛星問題解答（第一集） | 科普出版社編 | 0.29元 |
| 人造衛星問題解答（第二集） | 科普出版社編 | 0.43元 |
| 星际旅行 | 戴文賽 | 0.09元 |
| 第一次到月球上去 | “知識就是力量”編 | 0.23元 |
| 人类怎样認識了宇宙 | Ю·К·符謝赫斯維亞茨基 | 0.21元 |
| 噴气式飞机 | А·К·巴叶夫等 | 0.22元 |
| 导彈 | 史超礼 | 0.17元 |
| 火星历險記 | 科普出版社 | 0.46元 |

## 新华書店發行

# 本 書 提 要

苏联發射了三个人造衛星，轟动了全世界。但是將来的宇宙飞行將是一个更加激动人心的事件。人們將飞往月球和鄰近的行星去进行科学考察。怎样利用人造衛星的成就来实現宇宙飞行呢？宇宙飞行包括些什么內容？有些什么困难？如何克服？这本書就以通俗的形式給我們解答这些問題。

总号：716

从人造衛星到宇宙飞行

ОТ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ К МЕЖПЛАНЕТНЫМ ПОЛЕТАМ

原 著 者：А. ШТЕРНФЕЛЬД

原出版者：ГОСТЕХИЗДАТ，1957

譯　　者：元　　禾

出 版 者：科 学 普 及 出 版 社

（北京市西直門外郝家灣）

北京市書刊出版業营業許可証出字第091号

發 行 者：新　华　書　店

印 刷 者：解 放 軍 报 印 刷 厂

（北京阜城門外馬尾溝九号）

開　本：787×1092 1/32　　印張：3-1/2

1958年8月第 1 版　　字數：65.000

1958年8月第 1 次印刷　　印數：15,714

統一書号：13051·92

定　　价：（9）3角8分